Lehrbuch

der

Stärkefabrikation.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. Edmund Parow,
Vorsteher der Versuchsanstalt und des Laboratorium für Stärkefabrikation
am Institut für Gärungsgewerbe zu Berlin.



Erster Band:

Untersuchungsmethoden. Die Stärke. Fabrikation der Kartoffelstärke.

Mit 73 Textabbildungen.

Berlin.
Verlagsbuchhandlung Paul Parey.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstraße 10.
1908.

Dem Gedächtnis

Professor Dr. Oskar Saare's

gewidmet.





Prof. Dr. Oskar Saare.



Am 1. Juni 1903 starb zu Berlin Professor Dr. Oskar Saare nach kurzer Krankheit an den Folgen einer Erkältung, welche er sich während eines Vortrages über die Kartoffeltrocknung in Ülzen zugezogen hatte. Die Gärungswissenschaft und ganz besonders die Industrie der Stärkefabrikation haben in ihm einen hervorragenden Vertreter verloren, welcher dazu berufen war, die Wissenschaft mit der Praxis zu vereinen.

Saare wurde geboren am 19. Oktober 1854 zu Lübeck als Sohn des Versicherungsdirektors Saare; er besuchte das Realgymnasium zu Stettin

und studierte nach bestandenem Abiturientenexamen von 1873—1876 in Jena und Greifswald Chemie und Naturwissenschaften. Nach erfolgter Promotion im Jahre 1877 ging er an die Weinbauversuchsstation zu Rufach im Elsaß, wo er unter Professor Dr. Weigelt seine ersten gärungswissenschaftlichen Studien begann. Von Rufach ging er im Jahre 1881 nach Berlin und arbeitete unter Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Orth in der agronomisch-pedologischen Abteilung der Kgl. Landw. Hochschule bis zum Jahre 1883. Noch im selben Jahre trat er zum Institut für Gärungsgewerbe über, dem er bis an sein Ende als Mitglied angehörte, und in welchem er unter Delbrück zahlreiche wertvolle Arbeiten ausführte und eine Autorität auf dem Gebiete der Gärungsgewerbe und Stärkefabrikation wurde. Beginnend als Assistent in der analytischen Abteilung, übernahm er die Vorsteherschaft der Abteilung für Stärke-, Stärkezucker und Dextrinfabrikation und wurde stellvertretender Vorsteher der analytischen Abteilung und Geschäftsführer des „Vereins der Stärkeinteressenten in Deutschland".

Die Regierung würdigte seine Arbeiten durch seine Ernennung zum Kgl. Professor im Juli 1896. Ein Jahr später wurde er an Delbrücks Stelle zum nichtständigen Mitgliede des Kaiserlichen Patentamtes gewählt, welches Amt er jedoch im Jahre 1900, ein halbes Jahr nach seiner Ernennung zum Vorsteher der analytischen Abteilung des Instituts für Gärungsgewerbe, seiner umfangreichen Berufspflichten wegen niederlegen mußte. Zum Stellvertreter des Vorstehers des Instituts wurde er im Jahre 1899 ernannt, und wenige Wochen vor seinem Tode wurde er als Mitglied in das engere Lehrerkollegium der Kgl. landw. Hochschule zu Berlin berufen, neben Delbrück und Herzfeld die technische Abteilung repräsentierend.

Die Bedeutung Saares liegt auf wissenschaftlichem, technischem und wirtschaftlichem Gebiete.

Seine Arbeiten erstrecken sich auf die Gärungsgewerbe und die Industrie der Stärkefabrikation. Der Stärkeindustrie hat er hauptsächlich seine Arbeitskraft gewidmet und liegen daher auch auf diesem Gebiete seine Hauptarbeiten.

Durch Delbrück angeregt, studierte er die Größenverhältnisse der Stärkekörner verschiedener Kartoffelsorten und wies ihren Einfluß auf die Ausbeute in den Stärkefabriken nach. Er zeigte, daß, je größer die Stärkekörner eines fertigen Stärkemehles des Handels sind, um so glänzender und schöner erscheint dasselbe in der Farbe, je mehr große Stärkekörner eine Kartoffel besitzt, um so mehr Ausbeute an erstem Produkt wird erhalten. Durch sehr zahlreiche, in verschiedenen Jahren angestellte, mikroskopische Messungen

an Stärkekörnern aus verschiedenen Kartoffeln wies er nach, daß der Reichtum an großen Stärkekörnern eine Sorteneigentümlichkeit sei.

Von noch größerem Einfluß auf die Ausbeute ist der Reifezustand der Kartoffeln. Er stellte eingehende Untersuchungen über die Veränderungen beim Reifen der Kartoffeln an. Er fand, daß die Zellen der Kartoffeln mit zunehmender Reife, wenn auch nicht sehr stark, so doch fortdauernd wachsen, er stellte fest, daß, je kleiner die Knolle, um so kleiner auch der Zelldurchmesser ist. Für den Stärkefabrikanten besonders wichtig, beobachtete er, daß mit zunehmender Reife der Kartoffeln auch die Stärkekörner wachsen. Auch die Veränderungen der Kartoffeln beim Lagern untersuchte er und zeigte, daß bei mäßig langem und gut geleitetem Lagern die prozentische Zusammensetzung der Kartoffeln sich nur unwesentlich ändert und auch der Zuckergehalt der Kartoffeln in engen Grenzen schwankt, weil sich Stärkeverlust und Austrocknung offenbar das Gleichgewicht halten. Der Stickstoffgehalt und namentlich das Verhältnis des Eiweißstickstoffs scheinen nach seinen Untersuchungen bei normaler zehnwöchiger Lagerung wesentliche Veränderungen nicht zu erleiden.

Neben der Erforschung der beim Reifen und Lagern in der Kartoffelpflanze sich abspielenden Vorgänge blieb sein Auge ständig auf die Hebung der Ausbeute in der Stärkefabrikation gerichtet. In Wort und zahlreichen Schriften wirkte er auf die Verbesserung der Betriebseinrichtung hin, in dem er auf die Verluste an Stärke hinwies, welche in der Pülpe und in den Waschwässern verbleiben. Er wies nach, daß die Stärkekörner nicht mit der Zellhaut verwachsen, sondern nur lose in dem Zellstoff schwimmen, daß es also nicht chemischer Mittel bedarf, die Stärkekörner von der Zelle zu trennen, sondern, daß die Freilegung derselben von der Leistungsfähigkeit der Zerkleinerungsapparate abhängig ist. Durch Einführung einer technisch leicht ausführbaren Methode, die Pülpe und das Reibsel auf auswaschbare Stärke zu untersuchen, gewöhnte er die Fabrikanten daran, große Sorgfalt auch auf die Siebvorrichtungen zu verwenden. Auf Grund zahlreicher Untersuchungen bestimmte er, welche Anforderungen an eine Reibe, Mahlstein und an Auswaschapparate zu stellen sind, zeigte, daß eine sehr gut zerkleinerte Pülpe höchstens 40—50 % gebundener Stärke enthält, und daß eine gut ausgewaschene Pülpe nicht mehr an auswaschbarer Stärke als 5 % der Gesamtstärke enthalten soll. Zur Beurteilung der Pülpe wies er auf den verschiedenen Fasergehalt und Stärkegehalt der Kartoffeln hin, lehrte, daß, je faserreicher eine Kartoffelsorte ist, um so mehr Gewicht an Pülpe liefert sie, je stärkereicher sie ist, um so mehr Verlust an Stärke in der Pülpe kann erwartet werden.

Von besonderer Wichtigkeit für die Ausbeute und die Qualität der Stärke ist das Trocknen derselben. Er studierte den Einfluß, welchen die verschiedenen Methoden der Stärketrocknung auf die Quantität und Qualität der zu erzielenden Handelsware ausüben. Bei der Hordentrocknung findet eine Bewegung der Stärke nicht statt, der Luftwechsel ist unter Umständen mangelhaft, häufig ungenügende Anwärmung der Luft und zu hohe Temperatur in der Stärke durch strahlende Wärme. Bei dem Tuch ohne Ende ist die Luftbewegung schwer zu regeln, die Bewegung der Stärke ist eine mäßige und die Temperatur in der Stärke durch Berührung der Heizkörper hoch. Die Griesbildung, verursacht durch zu starke Trocknung, bedeutet einen Verlust in der Ausbeute. Auf die Qualität, d. h. auf den Glanz der Stärke ist das Stadium der Verkleisterung der Stärkekörner von Einfluß. Durch Zählungen in von ihm selbst erhobenen Proben fand er, daß sich rissige Körner schon in der zentrifugierten Stärke in Mengen von 9—18 auf 1000 Körner fanden, daß aber in getrockneter Stärke eine Zunahme derselben stattfand, bei Hordentrocknung 7—10 auf 1000 Körner bei dem Fehrmannschen Apparat, bei welchem eine vollkommene Bewegung der Stärke vorhanden, strahlende Wärme ausgeschlossen ist, und die Trocknung nur durch angewärmte, in der Temperatur zu regelnde Luft erfolgt, 5 und bei dem Tuch ohne Ende 20—39 auf 1000 Körner. Auch die Großstückigkeit der Stärke ist von der Trocknungsmethode abhängig. Hordentrocknung gibt große Stücken, das Tuch ohne Ende mittlere Stärke und der Fehrmannsche Apparat liefert nur Mehl. Die Verluste beim Trocknen können sehr groß sein, je nachdem die Ware weit unter 20 % Wasser getrocknet wird. Seine Methode zur Bestimmung des Wassergehaltes in der Stärke, welche sich darauf gründet, daß Kartoffelstärke verschiedener Herkunft, auf absolute Trockensubstanz bezogen, stets dasselbe spezifische Gewicht von rund 1,65 zeigt, und welche leicht und in wenigen Minuten ausführbar, für die Praxis brauchbare Werte liefert, führte die Stärkefabrikanten zu einer regelmäßigeren Kontrolle ihrer Fabrikate.

Ein wichtiger Faktor bezüglich der Rentabilität ist die Ausbeute. Durch die Aufstellung seiner Ausbeutetabellen befriedigte er das lange empfundene Bedürfnis, einen allgemeinen Überblick zu haben, welche Ausbeute man aus einer bestimmten Menge Kartoffeln mit festgestelltem Stärkegehalt erzielen kann.

Die Verwertung und Beseitigung der Abfälle und Abwässer erheischen eine große Aufmerksamkeit. Indem er auf die Veränderungen der Pülpe beim Lagern, auf die Verluste beim Einsäuern der Pülpe hinwies, förderte er durch seine Beschreibungen von Pülpepressen und Pülpetrocknungs-

apparaten eine bessere Verwertung derselben. Zur Verwertung der Abwässer stellte er Versuche über die Ausfällung der Proteinstoffe aus denselben an speziell aus konzentrierten Fruchtwässern, den sogenannten Albuminwässern. Er benutzte dazu Schwefelsäure, Kalkwasser und schwefligsauren Kalk und stellte fest, daß bei Kalkwasser und schwefligsaurem Kalk die Ausscheidungen zu gering sind und sich schwer absetzten. Mit Schwefelsäure erhielt er jedoch pro Wispel 5,5 kg Protein im Niederschlag und bei gleichzeitiger Erwärmung sogar 8 kg. Er konstatierte jedoch gleichzeitig, daß die Gewinnung des Proteins insofern Bedenken hat, als je konzentrierter das Fruchtwasser ist, desto schlechter setzt sich aus demselben die Stärke ab, es wird mit dem Wasser viel Stärke abgezogen, die verloren geht und dadurch wird der an Protein erzielte Gewinn wieder reduziert. In seiner Arbeit „Die Organismen in der Stärkefabrikation" weist er auf den Einfluß der Organismen auf das Betriebswasser, auf das Auftreten der Organismen im Betriebe selbst und auf den Einfluß auf die Abwässer und die Pülpe, sowie auf die Mittel zu ihrer Bekämpfung hin. Während sie auf Pülpe und Abwässer für den Fabrikanten günstig wirken, stehen sie in den meisten Fällen der Stärkefabrikation feindlich gegenüber; nur in dem sogenannten Sauerverfahren oder dem Halleschen Verfahren in der Weizenstärkefabrikation werden sie zur Gewinnung von Stärke benutzt.

Die Fabrikation der Stärkefabrikate hat er durch seine Untersuchungen wesentlich gefördert. So zeigte er, daß bei der Dextrinröstung die Röstdauer, die Temperatur und die angewandte Menge Säure auf die Löslichkeit von Einfluß sind. Er schuf eine Methode, mittelst der in einfacher Weise der Endprozeß der Dextrinierung bei nicht ganz in Wasser löslichem Dextrin festgestellt werden kann.

Seine Versuche über Trübungen im Sirup haben in jeder Beziehung aufklärend gewirkt. Er zeigte, daß z. B. in den Konservenfabrikaten die Trübungen des Sirups nicht immer auf die Beschaffenheit des Sirup zurückzuführen ist, sondern daß die Zusammensetzung des zum Lösen des Sirup verwendeten Wassers häufig eine Trübung veranlassen kann. Die Ursache liegt nicht allein in dem Eisengehalt des Wassers, sondern auch in einem starken Gehalt an Kalkkarbonat. Ferner zeigte er, daß infolge falscher Kochung Trübungen entstehen. Ein unreif gekochter, d. h. ungenügend gekochter Sirup oder ein zu stark gekochter d. i. ein überreif gekochter Sirup trübt sich leicht. Gipsausscheidungen und Eisenphosphatausscheidungen bewirken eine Trübung. Auch fett- oder ölhaltiges Kondenswasser und schließlich Organismen verursachen trüben Sirup.

Die Reinlichkeit des Betriebes gewährleistet reines Produkt. Gründliche Reinigung der Gefäße einschließlich der Kohlenfilter mit Dampf, Enteisenung des Betriebswassers und möglichst heißes Verarbeiten des Dünnsaftes verhindern nach ihm die Trübung des Sirups.

Die Grädigkeit und der Säuregehalt der Stärkesirupe war von jeher ein wunder Punkt in der Sirupfabrikation. Teilweise wurde nach alten Graden Bé., teilweise nach neuen Graden Bé. gehandelt, auch kamen verschiedene Methoden zur Bestimmung des spez. Gewichtes des Sirups zur Anwendung. Er leitete die Verhandlungen, welche dazu führten, die Grundsätze aufzustellen, welche jetzt im Verkehr mit Stärkesirup gelten. Der Säuregehalt hat oft zu großen Auseinandersetzungen geführt. Die Bonbonfabrikanten führten ein Zerfließen oder Weichwerden der Bonbons auf einen zu hohen Schwefelsäuregehalt im Sirup zurück. Sie verlangten möglichst säurefreien Sirup und stellten übermäßig weitgehende Anforderungen bezüglich des Säuregehaltes. Saares Untersuchungen ergaben, daß der sogenannte Säuregehalt der Bonbonsirupe des Handels tatsächlich gar nicht auf den Gehalt an freier Mineralsäure zurückzuführen ist und eigentlich der Ausdruck: der Sirup enthält soviel Säure, in Prozenten Schwefelsäure angegeben, vollständig unzutreffend ist, daß vielmehr dasjenige, was auf die verschiedenen Indikatoren, auf die verschiedenen Anzeiger von Säure, einen Eindruck ausübt, also die Säurereaktion gibt, saure Phosphate sind. Er stellte fest, daß die sogenannte Säure überhaupt keinen Einfluß auf das Zerfließen der Bonbons hat, wenn es nicht wirklich freie Schwefelsäure ist. Er zeigte ferner, daß der Zusatz an Sirup in den fertigen Bonbons das Zerfließen derselben beeinflußt. Es ist möglich, daß der Dextringehalt dabei eine Rolle spielt; es ist aber auch möglich, daß die Art des Dextrins von Einfluß ist.

Auf Grund seiner Versuche wurden dann die Grundsätze aufgestellt, daß eine allgemeine Feststellung eines bestimmten zulässigen Säuregehaltes für Bonbonsirup nicht zweckmäßig, da der Säuregehalt für die Brauchbarkeit nicht maßgebend ist.

Seine Untersuchungen von verschiedenen Knochenkohlen und Zuckercouleuren haben gleichfalls belehrend gewirkt.

Die Fabrikation der Getreidestärke verdankt ihm manche wertvollen Arbeiten. Seine Untersuchungen von Weizen- und Maisstärke deutschen Ursprunges und solcher ausländischer Herkunft zeigen, daß die deutschen Fabrikate, wie auch ihre rein weiße Farbe gegenüber der mehr oder weniger ins Gelbliche hinüberspielenden ausländischen Fabrikate bestätigt, bei weitem sorgfältiger gearbeitet und von größerer Reinheit sind als die ausländischen.

Über den Einfluß des Wassers bei der Weizenstärkefabrikation teilte er mit, daß weiches Wasser die Ausbeute zwar nicht erhöht, daß aber der Kleber durch weiches Wasser fester und besser ausgewaschen wird, als durch hartes Wasser.

Ebendaselbst stellte er fest, daß durch zu langes Quellen nicht nur die Kleberausbeute in der Praxis wesentlich vermindert wird, sondern auch die Mengen der Eiweißstoffe in der Stärke vermehrt werden, was gleichbedeutend mit einer Verminderung der Primaware und Vermehrung der Kleberstärke oder der Nachprodukte ist.

Bei der Maisstärkefabrikation beobachtete er, daß der Kleber- und Fettgehalt die Größe und die Festigkeit der Stärke nicht beeinflußt, sondern daß die Art des Trocknens allein von Einfluß auf die Herstellung großstückiger Stärke ist.

Seine Hauptwerke auf dem Gebiete der Stärkefabrikation sind das von ihm im Jahre 1897 herausgegebene umfangreiche „Handbuch der Fabrikation der Kartoffelstärke“ und sein im Jahre vorher erschienener Reisebericht „Die Industrie der Stärke und der Stärkefabrikate in den Vereinigten Staaten von Amerika und ihr Einfluß auf den englischen Markt“.

„Die Fabrikation der Kartoffelstärke“ ist von ganz hervorragender Bedeutung sowohl in wissenschaftlicher als in technischer Hinsicht. Der größte Teil seiner Arbeiten ist in diesem Buche niedergelegt, es bietet dem Forscher sowohl wie dem Praktiker vielseitige Anregung, dem Fabrikanten selbst gibt es zahlreiche Winke und vortreffliche Ratschläge für die Verbesserung seines Fabrikates und die Erhöhung der Rentabilität seines Betriebes überhaupt.

„Die Industrie der Stärke und der Stärkefabrikate in den Vereinigten Staaten von Amerika“ ist sowohl technisch als auch ganz besonders wirtschaftlich von großem Wert. Er zeigt in ausführlicher Darlegung, daß es nicht die bessere Qualität der amerikanischen Produkte ist, welche uns von dem englischen Markt verdrängt hat, sondern fast ausschließlich der erheblich geringere Preis derselben. Die deutsche Ware wird in der überwiegenden Menge nicht nur als gleichwertig, sondern sogar vielfach als überlegen der amerikanischen von den englischen Kaufleuten betrachtet, aber diese Überlegenheit reicht nur in manchen Fällen, wo die Qualität die Hauptsache, der Preis die Nebensache ist (z. B. Appretur) hin, die Abnahme des deutschen Fabrikats zu sichern. Der billigere Preis, mit welchem die amerikanischen Fabrikate auf dem englischen Markte erscheinen, wird nicht erreicht durch höhere Ausbeute und vollkommenere Technik der amerikanischen Fabriken, dieselben stehen vielmehr beide in den meisten Fällen hinter denen der deutschen Fabriken

zurück. Er wird erreicht dadurch, daß die Fabrikation in Amerika als Massenfabrikation in wenigen großen Fabriken betrieben und dadurch verbilligt wird, daß ferner die amerikanischen Fabriken hinter sich bedeutende Kapitalskräfte und an der Spitze eine kaufmännisch vollkommen durchgebildete Zentralleitung stehen haben.

Ähnlich der amerikanischen Organisation empfahl Saare einen Zusammenschluß der Produzenten von Stärke und Stärkefabrikaten in Deutschland. Am Schlusse seines Berichtes über seine Studienreise nach Amerika betonte er auf der 13. ordentlichen Generalversammlung des Vereins der Stärkeinteressenten in Deutschland: „Diese Vorteile können die deutschen Fabriken nur erlangen, wenn sie sich zusammentun und eine gemeinsame kaufmännische und technische Zentralstelle bilden, welche ihre Fabrikate günstig vertreibt und durch Überwachung und Verbesserung der Technik der einzelnen Betriebe, wie bei den Fabriken in Amerika, dafür sorgt, daß das Fabrikat überall gleichmäßig und vorzüglich ausfällt."

Seine Anregungen sind auf fruchtbaren Boden gefallen. Der Gedanke eines Zusammenschlusses der Stärkefabrikanten ist allmählich, aber stetig wachsend, in weite Kreise der Produktion und des Handels eingedrungen und der Erfolg seiner wirtschaftlichen Bestrebungen war die im Jahre 1901 erfolgte Gründung der Deutschen Stärke-Verkaufs-Genossenschaft zu Berlin.

Seine letzte größere Arbeit war die Leitung des Preisgerichtes über die Kartoffeltrocknungsanlagen. Seine Erfahrungen und Beobachtungen auf dem Gebiete der Kartoffeltrocknung legte er nieder in der im Sonderabdruck aus der Zeitschrift für Spiritusindustrie im Jahre 1903 erschienenen Abhandlung „Die Kartoffeltrocknerei". Es war ihm vergönnt, am 10. Februar des Jahres 1903 in der Sitzung der Rohstoffabteilung des Instituts für Gärungsgewerbe aussprechen zu können: „Die Frage der Kartoffeltrocknung im Großbetriebe wie im Kleinbetriebe ist als gelöst anzusehen, und zwar in dem Sinne, daß der Beweis erbracht ist: Es gelingt auf billige Weise, kleinere wie größere Mengen von Kartoffeln in Dauerware überzuführen, welche geeignet ist, sowohl als Viehfutter, wie auch als Rohstoff für technische Gewerbe, speziell für die Preßhefefabrikation zu dienen."

Saares Tod hat eine empfindliche Lücke gerissen. Die Wissenschaft wie die Praxis hat einen unermüdlichen Forscher verloren. Die Stärkeindustrie betrauert in ihm ihren treuesten Berater. Sein Andenken aber wird in uns fortleben, wird uns mahnen, das wissenschaftliche Gewissen in uns zu stärken. Es war Saares bester Teil.

Vorwort.

Die Stärkefabrikation hat sich im Laufe der Jahre von einem Handwerke zu einer Industrie entwickelt. Das Bedürfnis, sich über das Wesen dieser Industrie, über die chemischen, physiologischen und mechanischen Vorgänge bei der Fabrikation zu orientieren, ist mit der Entwicklung der Stärkeindustrie stetig gewachsen. Während die Fabrikation der Stärke in den letzten Jahren eine sehr wesentliche Veränderung nicht erfahren hat, so haben sich die Anschauungen über die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Stärke doch sehr geändert und eine große Anzahl von neuen Untersuchungsmethoden über die Bestimmung von Stärke in stärkehaltigen Produkten und des Stärkestoffes selbst ist bekannt geworden, daß es notwendig erschien, die in der Literatur überall zerstreut vorhandenen Kenntnisse über die Stärke zu sammeln und zu einem Lehrbuche zu vereinen.

Das Lehrbuch der Stärkefabrikation verfolgt den Zweck, über die Kenntnisse von der Stärke zu unterrichten, die Methoden zur Untersuchung der Stärke und stärkehaltigen Materialien bekannt zu geben und die Fabrikation der Kartoffel- und Getreidestärke zu lehren. Da zur Erlernung der Fabrikation auch gehört, daß der Lernende das Rohmaterial kennt, über das Betriebswasser, das Feuerungsmaterial und den Kraftverbrauch der einzelnen Apparate unterrichtet ist, so sind auch diese Faktoren in dem Lehrbuche berücksichtigt.

Die bei der Bearbeitung des vorliegenden Buches benutzten Werke und Zeitschriften sind unter „Literatur" besonders angegeben. Ganz besonders sind Maercker-Delbrück, Handbuch der Spiritusfabrikation VIII. Auflage für das Kapitel Rohmaterial, und W. Windisch, das chemische Labor. d. Br. für das Kapitel Untersuchung des Betriebswassers und der Kohle benutzt worden. Für die Genehmigung dazu spreche ich den Herren Autoren an dieser Stelle meinen ergebensten Dank aus. Zu ganz besonderem Danke

bin ich Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. M. Delbrück verpflichtet, der mich zu der Bearbeitung dieses Buches angeregt hat. Den Herren Maschinenfabrikanten, die mich durch Zurverfügungstellung von Cliches, Beschreibungen, Zahlenmaterial usw. unterstützt haben, statte ich an dieser Stelle gleichfalls meinen aufrichtigen Dank ab, ebenso der Verlagsbuchhandlung Paul Parey für die gediegene Ausstattung dieses Buches.

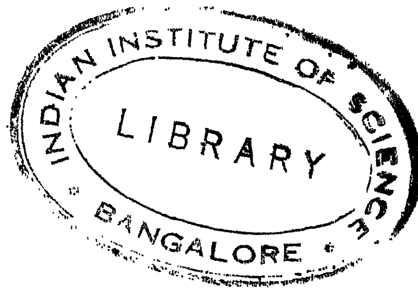
Das Lehrbuch der Stärkefabrikation erscheint in zwei Bänden. Der erste vorliegende Band enthält die Kapitel über „Die Stärke", „Die Untersuchungsmethoden", und „Die Fabrikation der Kartoffelstärke", der zweite demnächst erscheinende Band enthält die Fabrikation der Getreidestärke (Weizen-, Mais- und Reisstärke).

Das Lehrbuch der Stärkefabrikation widme ich dem Gedächtnis an Oskar Saare. Dem Gedächtnis desjenigen hervorragenden Mannes, der zwanzig Jahre lang rastlos und mit großem Erfolg für die Stärkeindustrie gearbeitet hat. Viele seiner Arbeiten sind in diesem Buche enthalten. Sein großes Werk „Die Fabrikation der Kartoffelstärke" macht seinen Namen unvergeßlich. Möge dieses Buch ein Zeugnis dafür sein, daß wir seiner stets gedenken.

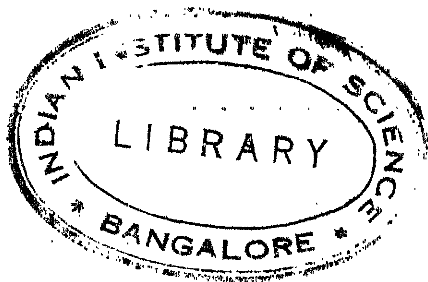
Somit übergebe ich das Buch der Öffentlichkeit mit dem Wunsche, daß es dem Lehrenden, sowie dem Lernenden von Nutzen sein möge.

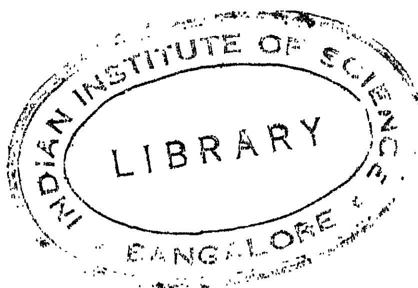
Berlin im März 1908.

Prof. Dr. **E. Parow.**



Inhalt.





Einleitung.

Aus kleinen Anfängen heraus hat sich die Gewinnung von Stärke und Stärkefabrikaten allmählich von einem Handwerk zu einer Industrie entwickelt, und wenn wir die Ausdehnung der Stärkeindustrie in den letzten Jahrzehnten berücksichtigen, so können wir mit Recht diese Industrie als Groß-Industrie bezeichnen.

Kartoffeln, Weizen, Mais und Reis sind die hauptsächlichsten Rohmaterialien der Stärkeindustrie. Amerika, Belgien, Deutschland, England, Frankreich, Holland, Österreich-Ungarn und Rußland sind die Hauptproduktionsländer für Stärke und deren Fabrikate. Neuerdings wird auch in Dänemark, Norwegen, Schweden, Italien und Rumänien Stärke produziert.

Die Wiege der Stärkefabrikation soll nach alten Überlieferungen an der Westküste Kleinasiens gestanden haben. Den Einwohnern der Insel Chios schreibt Plinius die Erfindung der Darstellung von Stärke zu. Weizen war derjenige Rohstoff, welcher schon im grauen Altertum auf Stärke verarbeitet wurde, und bis in die neuere Zeit ist der Weizen das einzige Rohmaterial gewesen, welches für die Stärkegewinnung in Betracht kam. Über den Gang und die Fortschritte der Fabrikation zu der damaligen Zeit ist nicht viel bekannt. Über die Technik der Fabrikation des Stärke- oder Kraftmehles im klassischen Altertum belehrt uns zufolge einer Mitteilung in der Ztsch. f. Sp. 1905 Nr. 48 von H. Kraus nach antiken Schriftquellen besonders Hugo Blümner in seiner Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern (4 Bände, Leipzig 1875). Man nahm dazu gewöhnlichen oder Siligoweizen, am besten dreimonatlichen; die Körner wurden in hölzernen Gefäßen in Süßwasser eingeweicht, wobei das Wasser alle Körner bedecken mußte und täglich fünfmal erneuert wurde, mitunter auch noch bei Nacht. War die Masse vor Eintritt der Säuerung erweicht, so seihte man sie durch Linnen oder Körbe, goß sie auf einen mit einem Gärstoff bestrichenen Ziegelstein und ließ sie so in der Sonne sich verdichten. So ist das Verfahren bei Plinius und ebenso bei Dioskorides, der aber vor der Prozedur des Durchseihens und Trocknens auf Ziegelsteinen noch fordert, daß man die erweichte Masse mit den Füßen treten, dann nochmals Wasser zugießen und sodann die darauf schwimmende Kleie durch ein Sieb entfernen soll. Einfacher ist das bei Cato angegebene Verfahren, wonach man die gereinigten Körner in eine Mulde tun und zweimal täglich mit

frischem Wasser begießen soll; am zehnten Tage wird die Masse durch Ausdrücken entwässert und in einer Mulde gut durcheinander gemischt, dann in einem leinenen Tuche wieder ausgedrückt und in einer Schüssel der Sonne zum Trocknen ausgesetzt. Aus dem Mittelalter weiß man, daß im sechszehnten Jahrhundert namentlich die Holländer einen bedeutenden Handel mit Weizenstärke trieben und sogar wegen ihrer Stärkefabrikation berühmt waren.

Bis zum 18. Jahrhundert, kann man annehmen, bildete der Weizen ausschließlich das Rohmaterial für die Stärkeerzeugung; dann aber trat neben dem Weizen die Kartoffel als stärkeliefernder Rohstoff auf. Erst im kleinen, im Haushalte wurde Stärke aus Kartoffeln gewonnen, dann begann man vereinzelt fabrikmäßig durch Anwendung maschineller Hilfskräfte wie Reiben und Sieben Stärke herzustellen, und, nachdem Friedrich der Große in einer Kammerverordnung vom 10. Dezember 1765 auf eine zweckmäßige Verwertung der Kartoffeln zur Erzeugung von Stärke besonders hingewiesen hatte, erfuhr die fabrikmäßige Herstellung von Stärke aus Kartoffeln eine immer weitere Verbreitung. Im 19. Jahrhundert ging die Entwicklung der Stärkeindustrie schneller vor sich. Begünstigt wurde dieser Fortschritt einerseits durch andere in Aufschwung kommende Industrien, welche Stärke für ihre Fabrikation benötigten, dieses waren hauptsächlich die Textil- und die Papier-Industrie, andrerseits lernte man, die Stärke weiter verarbeiten und Fabrikate aus der Stärke selbst herzustellen. Namentlich Deutschland, Frankreich und Rußland gingen anfangs des 19. Jahrhunderts zur Herstellung von Stärkefabrikaten aus Kartoffelstärke über und zahlreiche Veröffentlichungen erschienen von da ab über die Herstellung von Stärkesirup und Sago. Die Verwertung dieser Fabrikate zur menschlichen Ernährung erweiterte das Absatzgebiet der Stärkeindustrie und übte einen günstigen Einfluß aus auf die weitere Entwicklung derselben. Auch die Fabrikation von Stärkezucker fällt in diese Zeit. Stärkezucker wurde gleichfalls aus Kartoffelstärke hergestellt, und nachdem durch Dr. Gall die Verwendung des Stärkezuckers bei der Weinerzeugung eingeführt, indem durch das Gallisieren und Petiotisieren des Weins eine Verbesserung und Vermehrung desselben erzielt werden sollte, machte auch diese Fabrikation Fortschritte und erweiterte wiederum das Absatzgebiet der Stärke. Während nun auf dem europäischen Kontinente Weizen- und Kartoffelstärke miteinander konkurrierten, wurde in den Vereinigten Staaten von Amerika ein anderer Rohstoff zur Stärkegewinnung herangezogen. Hier war es der Mais, welcher der Stärkeindustrie das Rohmaterial lieferte, und bald entwickelte sich diese Stärkefabrikation in großem Umfange und noch heute ist die Produktion an Maisstärke in Amerika am größten und kommt der deutschen Kartoffelstärkeerzeugung fast gleich. Ebenso wie die Herstellung von Weizen- und Kartoffelstärke bald nach den Vereinigten Staaten wanderte, so wanderte auch die Maisstärkefabrikation nach Europa, und namentlich ist es Österreich-Ungarn, wo sie festen Fuß gefaßt hat und zur schnellen Blüte gelangt ist. Das jüngste Rohmaterial der oben genannten vier Rohstoffe für die Stärkegewinnung ist der Reis. Erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts kam der Reis zur Verarbeitung auf Stärke in Anwendung und obgleich noch sehr jung, so hat sich die Reis-

stärkefabrikation doch sehr schnell entwickelt; denn nächst der Kartoffelstärke ist die Produktion an Reisstärke in Europa die größte. England ist die Heimat der Reisstärke, von dort pflanzte sich die Fabrikation nach Belgien, Deutschland und Frankreich fort und ist auch auf diese Länder zum größten Teile beschränkt geblieben.

Außer Weizen, Kartoffeln, Mais und Reis werden zwar noch andere Rohstoffe auf Stärke verarbeitet, es sind dies stärkehaltige Wurzeln wie die Aronswurzel (Arum maculatum), die Wurzeln der Maranta indica und Manihot utilissima und andere, welche in Brasilien, Jamaika und Indien unter dem Namen von Maranta-, Arrow-root- und Cassava-Stärke im Handel vorkommen, aber die Produktion an Stärke aus diesen Rohmaterialien ist zur Zeit noch gering, so daß sie für die Stärkeindustrie nicht wesentlich in Betracht kommen. Von den stärkeerzeugenden Ländern nimmt Deutschland mit einer Gesamtproduktion von ca. 3 Millionen Doppelzentner Stärke bei weitem die erste Stelle ein. An zweiter Stelle stehen die Vereinigten Staaten mit einer Gesamtproduktion von ca. 1,5 Millionen Doppelzentner. Während in Deutschland die überwiegende Mehrzahl der Stärkefabriken landwirtschaftliche Betriebe sind und infolge ihres landwirtschaftlichen Charakters eine sehr große Ausdehnung nicht gestatten, sind in Amerika sämtliche Fabriken industrielle Unternehmungen von großem Umfange. Von den deutschen industriellen Betrieben verarbeiten nur einige täglich 6—8000 dz Kartoffeln resp. 5—700 dz Mais und Reis.

Durch den Zusammenschluß aller Fabriken zu einer großen Vereinigung, dem sogenannten „Stärke-Trust" und „Sirup-Trust" hat Amerika sich die Regulierung seiner Produktion und Preise gesichert, und sich dadurch eine dominierende Stellung auf dem Weltmarkte geschaffen.

In Deutschland ist man, allerdings noch nicht in so weitgehender Weise, diesem Beispiel gefolgt; es haben sich eine große Anzahl von Kartoffelstärkefabriken zusammengeschlossen und die Deutsche Stärke-Verkaufsgenossenschaft gegründet. Wenn auch das Ziel der Bestrebungen dieser Vereinigung noch nicht völlig erreicht ist, so ist die Deutsche Stärke-Verkaufsgenossenschaft doch schon ein wesentlicher Faktor geworden, mit dem auf dem Stärkemarkte gerechnet wird. Neuerdings hat sich eine zweite Vereinigung „Vereinigte Deutsche Stärkefabriken" gebildet, welche ebenfalls eine große Anzahl von Stärkefabriken umfaßt. Auch diese Vereinigung hat das Ziel, die Produktion und Preisbildung zu regulieren. Daß in Deutschland ein Zusammenschluß aller Fabriken noch nicht geschehen ist, findet Begründung wohl in der verhältnismäßig großen Anzahl von Stärkefabriken und dem verschiedenen Fabrikat derselben. Es ist vielleicht nicht ganz unzutreffend, in der Tätigkeit der beiden Vereinigungen die Vorarbeiten für den zu erhoffenden Zusammenschluß des Gewerbes zu erblicken.

Nach dem „Verzeichnis der Stärkefabriken im Deutschen Reiche" vom Jahre 1902 werden erzeugt:

Kartoffelstärke	in	487	Betrieben
Maisstärke	„	22	„
Weizenstärke	„	51	„
Reisstärke	„	12	„

Nach dem Verfasser gewordenen Mitteilungen sind in den Vereinigten Staaten 124 Stärkefabriken im Betrieb. Diese 124 Fabriken erzeugen:

Maisstärke	ca. 1111731 dz
Kartoffelstärke	„ 152738 „
Weizenstärke	„ 72291 „
Cassavastärke	„ 2853 „

Über die Produktion der deutschen Stärke-Industrie in den Geschäftsjahren 1901/02, 1902/03 und 1903/04 sind vom Reichsamt des Innern Erhebungen veranstaltet worden, die folgendes Ergebnis lieferten:

A. Kartoffelstärke-Industrie.

1. Produktion der Kartoffelstärkefabriken.

	Durchschnittliche Jahresproduktion Menge dz	Wert M
Grüne Kartoffelstärke	595565	5346516
Trockene Kartoffelstärke	1142633	20044836
Schlammstärke	3609	12546
Stärkesirup	418004	8253528
Stärkezucker	44973	896452
Dextrin und Stärkegummi	122347	2799154
Couleur	13267	377978
Kartoffelgraupen und Kartoffelgries . .	1754	47016

2. Produktion der Fabriken, die Stärke weiterverarbeiten.

Trockene Kartoffelstärke	41996	771322
Stärkesirup	136903	2865016
Stärkezucker	47991	1052186
Dextrin und Stärkegummi	154140	3659173
Couleur	34288	969493

B. Weizenstärke- und Maisstärke-Industrie.

Weizenstärke einschl. Kleber	156971	5339349
Maisstärke	93072	2540530
Stärkesirup	3789	93425
Stärkezucker	298	6860
Dextrin und Stärkegummi	8202	360766
Andere Fabrikate	15833	227004

C. Reisstärke-Industrie.

Reisstärke	224041

Von der Produktion der anderen Länder ist wenig bekannt, amtliche Statistiken über die Stärkeerzeugung existieren dort nicht; nur über Stärkezucker wird von einzelnen Staaten berichtet. In folgenden Ländern werden an Stärkezucker erzeugt:

Belgien	ca.	92 860 dz	in	6 Betrieben
Frankreich	„	301 620 „	„	10 „
Österreich-Ungarn	„	95 255 „	„	30 „

England erzeugt ca. 321—625 dz Stärkezucker und ca. 17 634 dz Stärkesirup.

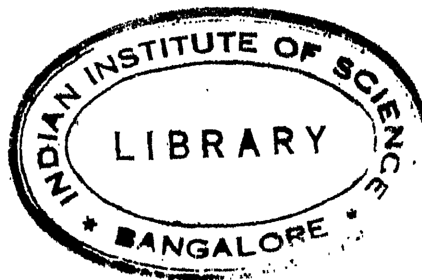
Von den deutschen Stärkefabrikaten werden erzeugt:

Stärkesirup, Zucker und Couleur	in 29 Betrieben
Dextrin	„ 34 „
Sago und Graupen	„ 7 „

Von den 487 Kartoffel-Stärkefabriken in Deutschland erzeugen:

Feuchte Kartoffelstärke	303 Betriebe
Trockene „	184 „

Bezüglich der Charakteristik dieser Betriebe, sind die 303 Naßstärke-Fabriken sämtlich landwirtschaftliche Betriebe, auch von den Trockenstärke-Fabriken sind $^{2}/_{3}$ landwirtschaftliche Betriebe und nur $^{1}/_{3}$ industrielle Unternehmungen. Was die geographische Lage anbetrifft, so ist der auf den Kartoffelbau angewiesene Osten naturgemäß der Hauptsitz der Stärkeindustrie geworden, dagegen liegt der Schwerpunkt der Getreidestärke-Fabrikation im Westen, der ersten Heimat der deutschen Stärkeindustrie.



Die für die Betriebskontrolle der Praxis gebräuchlichsten Apparate und Reagentien.

Das Mikroskop.

Zur Bestimmung der Stärkearten, zur Prüfung der Verunreinigungen der Stärke usw. leistet uns das Mikroskop (Abb. 1) die beste Hilfe. Es sollte daher das Mikroskop in keiner Stärkefabrik fehlen.

Für den Stärkefabrikanten eignen sich mittlere Mikroskope mit Vergrößerungen bis 1000 fach linear und mit kräftigen Stativen. Das Mikroskop besteht aus dem Mikroskopfuß, der Säule, dem Objekttisch, dem Tubus, dem Objektiv und dem Okular. Auf dem meist hufeisenförmigen Mikroskopfuße ist mittelst einer kräftigen Schraube die Säule oder Rückgrat des Mikroskops befestigt. Die Säule trägt sowohl den Objekttisch als auch die Mikroskopröhre oder den Tubus. Letzterer ist in seiner Mitte von einer Hülse umfaßt, welche durch einen Querbalken mit der Säule verbunden ist. Die Hülse ist zumeist mit einem geölten Tuch ausgekleidet, damit der Tubus nicht nach unten durchgleitet und andrerseits auch die Reibung nicht zu groß wird. Der Tubus besteht aus zwei ineinander passenden Röhren, von denen die eine am unteren Ende ein kleines Gewindestück trägt, an welches die Objektive geschraubt werden, während die andere gerade abgeschnitten ist und zur Aufnahme der Okulare dient. Mittelst einer Mikrometerschraube, welche in dem Rückgrat des Stativs angebracht ist, kann der Querbalken und mit ihm Hülse und Tubus auf- und niederbewegt werden. Der Objekttisch ist durchlocht und trägt unterhalb eine Blendvorrichtung, welche eine kreisförmig gewölbte Blechscheibe mit verschieden weiten Löchern darstellt. Unter der Blendvorrichtung befindet sich die Spiegelvorrichtung, auf der einen Seite aus einem flachen und auf der andern Seite aus einem Hohlspiegel bestehend, welcher nach jeder Richtung hin beweglich ist, so daß Licht überall her aufgefangen und durch die Blendvorrichtung geworfen werden kann. Objektiv und Okular bestehen aus je einem System von Sammellinsen, von welchen die dem Objekte zugekehrte Linse als Objektiv und

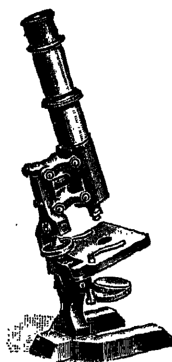


Abb. 1. Mikroskop.

die dem Auge zunächstliegende als Okular bezeichnet wird. Als weitere Bestandteile des Mikroskops sind noch zu nennen der Objektträger und das Deckgläschen. Der Objektträger ist ein rechteckiges, aus Spiegelglas verfertigtes, glatt abgeschliffenes Gläschen von ca. 50 mm Länge und ca. 20 mm Breite. Das Deckgläschen ist ein sehr dünnes, ca. 100 qmm großes Glasplättchen.

Das Einstellen eines Präparates. Nachdem alle Gläser sauber abgewischt sind, wird das Präparat (Stärke) auf den Objektträger gebracht, indem man mit dem Finger oder einem Glasstäbchen zuerst auf die Stärke tupft, dann auf den Objektträger. Darauf wird das Deckgläschen aufgelegt und an den Rand desselben mittelst eines Glasstäbchens ein Tropfen Wasser gebracht. Der Objektträger wird nun auf den Objekttisch gelegt und zwar so, daß das Objekt in das Gesichtsfeld des Mikroskops kommt. Durch Drehen des Tubus wird das Objektiv vorsichtig bis auf ca. 1 mm Entfernung dem Präparat genähert und nun ins Okular gesehen. Durch Drehen des Spiegels und der Blendvorrichtung wird das Gesichtsfeld dann erleuchtet, und nun faßt man mit der linken Hand an die Hülse, mit der rechten an den gerieften Ring des Tubus und dreht diesen allmählich schraubenförmig in die Höhe, bis zunächst Schatten und dann ein mehr oder weniger scharfes Bild ankommt. Nach dieser sogenannten groben Einstellung erfolgt die feine Einstellung mittelst der Mikrometerschraube, bis man ein klares, übersichtliches Bild vor sich hat. Die Beleuchtung muß so gerichtet werden, daß das Objekt möglichst deutlich sichtbar ist. Am vorteilhaftesten ist das reflektierte Sonnenlicht, das eine weiße Wolke liefert. Das direkte Sonnenlicht vermeide man. Will man das ganze Präparat nach und nach unter das Gesichtsfeld bringen, so muß man den Objektträger verschieben, indem man den Daumen und Zeigefinger der linken Hand dazu benutzt, während die rechte Hand an der Mikrometerschraube ruht, um das Objektiv nötigenfalls zu heben oder zu senken, wenn z. B. die einzelnen Teile des Objektes in verschiedenem Niveau liegen.

Die Wage.

Für die zur Betriebskontrolle gehörenden Untersuchungen reicht in den meisten Fällen die sogenannte Tarierwage (Abb. 2) aus. Die Konstruktion der Wage ist aus der Abbildung ersichtlich. Die Tarierwage gestattet ein bis auf 0,05 g genaues Abwägen. Bei Benutzung der Wage bringe man sie erst genau ins Gleichgewicht, lege dann auf die rechte Wagschale die Gewichte, auf die linke den zu wägenden Körper. Kurz vor dem Ende der Auswägung bringt man die Wage mit der Hand durch Anfassen der Wagschalen ins Gleichgewicht, hält einen Augenblick an und zieht nun die Hand vorsichtig zurück, ohne dabei die Wagschale zu erschüttern. An dem Ausschlagen sieht man, ob das Gewicht vermehrt oder vermindert werden muß. Bei Gleichgewichtszustand schlägt die Wage entweder nach keiner Seite aus oder nur schwach und gleichmäßig nach beiden Seiten. Soll ein fester Körper (Stärke) mit einem flüssigen Körper (Wasser) auf ein bestimmtes Gewicht aufgewogen werden, so muß man den Zusatz eines Überschusses von Wasser vermeiden. Die Wägung geschieht in der

Weise, daß man auf die rechte Wagschale das vorgeschriebene Gewicht legt und davon ca. 10 g abnimmt, die man in der Hand behält. Zu der auf der linken Wagschale in einer Schale oder einem Glas befindlichen Stärke läßt man das Wasser in schwachem Strahl zufließen, bis die linke Wagschale eben nach unten geht. Darauf legt man die entnommenen 10 g wieder zu und gibt das noch fehlende Wasser aus einer Pipette oder Spritzflasche ganz vorsichtig, zum Schluß tropfenweise zu, bis die Wage im Gleichgewichtszustande ist. Die Gefäße, welche leer oder mit Substanz gewogen werden sollen, müssen äußerlich ganz trocken sein. Die Tarierwage selbst muß sorgfältig behandelt werden.

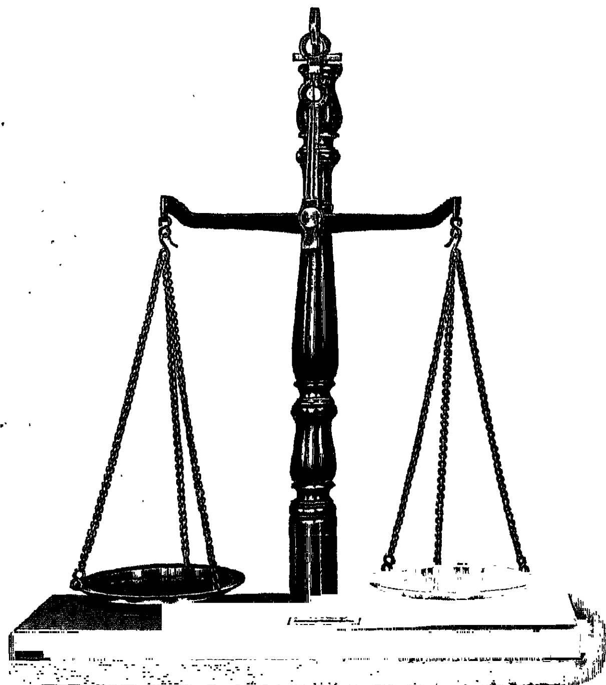


Abb. 2. Tarierwage.

Sollen feinere Wägungen ausgeführt werden, dann bedient man sich statt der Tarierwage der sogenannten chemischen Wage (Abb. 3). Die chemische Wage gestattet, eine Wägung auf ganze und halbe Milligramme genau auszuführen. Wie Abb. 3 zeigt, befinden sich die chemischen Wagen unter einem Glaskasten, dessen Vorderseite durch Hochschieben geöffnet und durch Wiederrunterschieben geschlossen werden kann. Gegen Ende des Wägeprozesses wird der Kasten stets geschlossen, damit die Wagschalen nicht durch Luftzug bewegt werden.

Das Auflegen der Objekte und der Gewichte geschieht ebenso wie bei der Tarierwage. Die Milligramme werden nicht in Form von Gewichten, sondern in Form eines Häkchens oder „Reiters" ermittelt, der mittelst einer besonderen

Aufhängevorrichtung, die auch bei geschlossenem Glaskasten von außen bequem dirigiert werden kann, auf dem mit Dezimalteilung versehenen Wagebalken aufgehängt wird. Besonders wichtig ist bei diesen feinen Wagen die sogenannte „Arretierung", d. h. eine Vorrichtung, mittelst der die Wage trotz Belastung in den Ruhestand versetzt werden kann. Die Arretierung besteht zumeist aus kleinen gepolsterten Tischchen, welche mittelst einer Dreheinrichtung von außen hochgehoben werden können, so daß die Wagschalen darauf zu ruhen kommen, oder aber heruntergelassen werden können, so daß die Wagschalen frei schwingen. An jeder Wage befindet sich eine Ausschlagnadel, welche ihre Schwankungen an einem Gradbogen anzeigt. Bei der Ermittlung des Gleichgewichtszustandes läßt man die

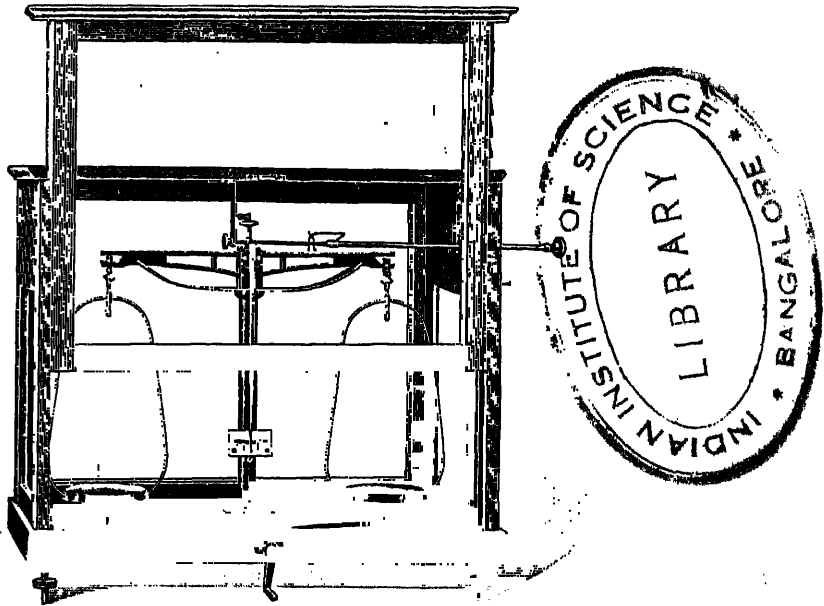


Abb. 3. Chemische Wage.

Ausschlagnadel pendeln und beobachtet nach der dritten Doppelschwingung an dem Gradbogen, ob sie nach beiden Seiten hin gleichmäßig ausschlägt.

Die chemische Wage ist äußerst sorgfältig zu behandeln, sie darf nur im ruhenden Zustande mit Gegenständen oder Gewichten belastet werden, sie muß also vorher „arretiert" werden. Der Standort der Wage muß trocken, säurefrei, dem direkten Sonnenlicht und der direkten Ofenwärme nicht ausgesetzt sein.

Wasserbestimmungsapparate.

a) Saarescher Wasserbestimmungsapparat. (Abb. 4.)

Der Saaresche Wasserbestimmungsapparat ist für die Untersuchung des Wassergehaltes in Kartoffelstärke bestimmt, er gründet sich darauf, daß Kartoffel-

stärke auf absolute Trockensubstanz bezogen ein spezifisches Gewicht von rund 1,65 zeigt, d. h. daß 1 ccm Stärke = 1,65 g wiegt (siehe Untersuchungsmethoden). Der Apparat besteht aus einer Porzellanschale, einem Glasstab, einem Trichter, einem Glaskolben von 250 ccm Inhalt und einer Spritzflasche.

Auf der Tarierwage werden 100 g Stärke in einer tarierten Porzellanschale genau abgewogen und mit destilliertem oder Kondensationswasser von 17,5° C. zu einer leichtflüssigen Milch aufgerührt. Die Stärkemilch gießt man vorsichtig durch einen Trichter, indem man sie am Glasstabe entlang laufen läßt, quantitativ in den vorher leer gewogenen Glaskolben und füllt den Kolben mit

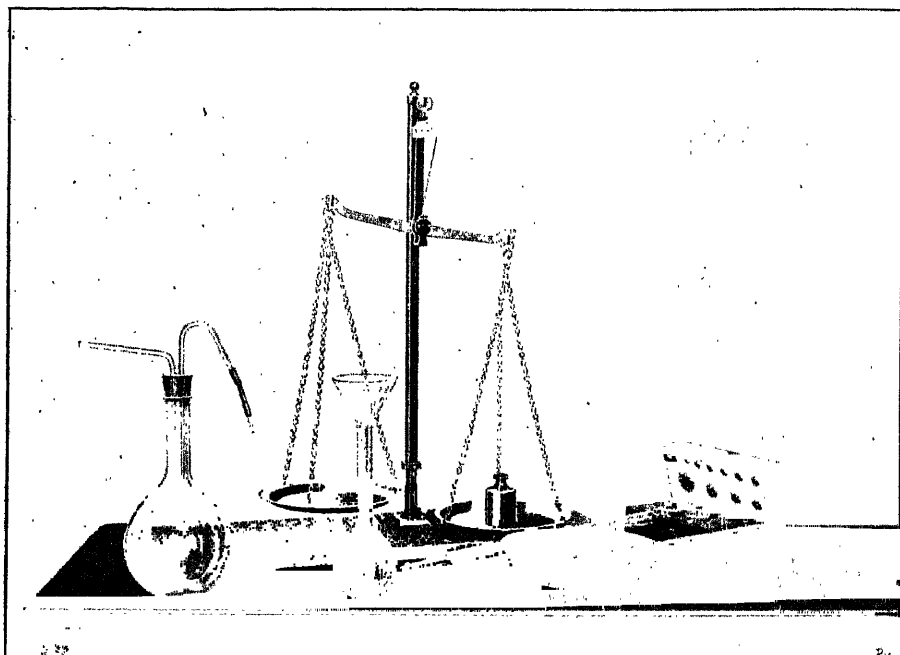


Abb. 4. Saare'scher Wasserbestimmungsapparat.

Wasser von 17,5° C. auf 250 ccm auf. Darauf wird der Kolben mit Inhalt gewogen und das Leergewicht des Kolbens davon abgezogen. Mit Hilfe einer Tabelle (siehe Urtersuchungsmethoden) ergibt sich aus der erhaltenen Zahl der Wassergehalt der Stärke.

b) Hoffmann'scher Wasserbestimmungsapparat. (Abb. 5.)

Der Apparat besteht aus einer kupfernen Destillierblase mit Zulaßtrichter, Thermomater und Destillationsrohr, das durch einen Kühler geht und in ein Meßrohr hineinreicht, welches in $^1/_{10}$ ccm geteilt ist.

Die Bestimmung wird in der Weise ausgeführt, daß auf der Tarierwage abgewogen 50 g Stärke in der Destillierblase mit 400 ccm Terpentinöl, dem 10 ccm Toluol zugesetzt sind, bei 50° C. fünf Minuten erwärmt werden; dann bringt man die Temperatur in fünf Minuten auf 140° C., hält bei dieser Temperatur und geht dann in 4—5 Minuten auf 155° C. hinauf. Darauf entfernt man den Brenner, läßt auf 140° C. abkühlen und liest die übergegangene Wassermenge an dem Meßgefäß ab. Da etwas Terpentinöl mit übergeht, welches etwas Wasser gelöst enthält, so zählt man zu der abgelesenen Wassermenge noch die konstante Zahl 0,2 hinzu. Durch Multiplikation mit 2 ergibt sich dann aus der erhaltenen Wassermenge der Prozentgehalt Wasser in der Stärke

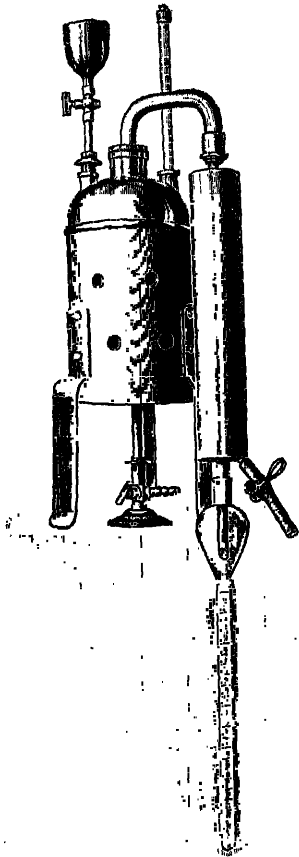


Abb. 5. Hoffmannscher Wasserbestimmungsapparat.

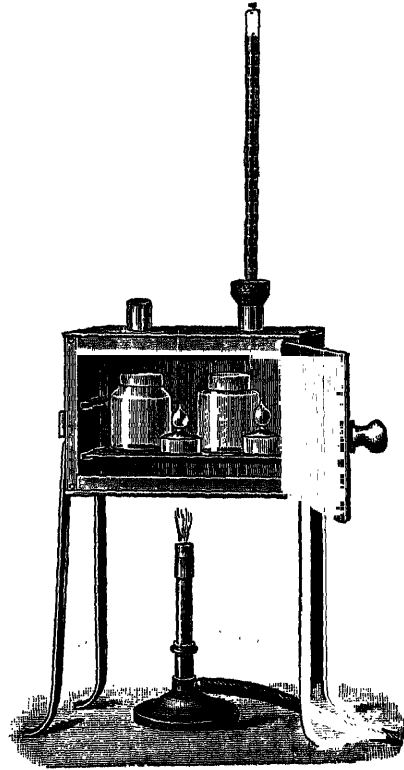


Abb. 6. Trockenschrank.

c) Der Trockenschrank. (Abb. 6.)

Der Trockenschrank besteht aus einem auf hohen Füßen ruhenden Schranke von Kupferblech, der an der Decke mit einem Luftabführungsrohr und einer durch ein Thermometer verschlossenen Öffnung versehen ist.

Bei dem Arbeiten mit dem Trockenschrank muß man die chemische Wage benutzen. Auf dieser werden ca. 10 g Stärke in einem Wägegläschen abgewogen, im Trockenschrank eine Stunde bei 50° C. vorgewärmt und dann 4 Stunden bei 120° C. getrocknet. Das Wägegläschen mit Inhalt läßt man in einem Exsikkator erkalten und stellt das Gewicht desselben auf der chemischen Wage fest. Die Differenz der Wägungen gibt den Verlust an Wasser an. Letzterer mit 100 multipliziert und durch das ursprüngliche Gewicht der wasserhaltigen Stärke dividiert gibt der Prozentgehalt an Wasser in der Stärke an.

Während man nach den Methoden von Saare und Hoffmann auf halbe Prozente richtige Resultate erhält, welche für eine Betriebskontrolle auch genügen, liefert der Trockenschrank bis auf ein Zehntel richtige Resultate.

Der Exsikkator. (Abb. 7.)

Der Exsikkator (zu Deutsch „Austrockner") dient dazu, um in der Wärme getrocknete Substanzen nach dem Trocknen vor dem Wägen erkalten zu lassen.

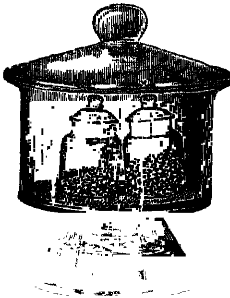


Abb. 7. Exsikkator.

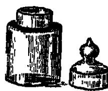


Abb. 8. Wägegläschen.

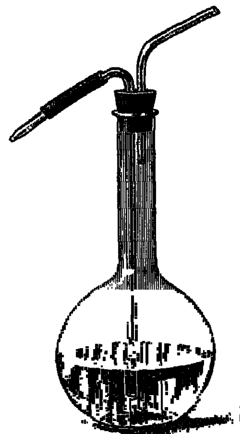


Abb. 9. Spritzflasche.

Der untere Teil des Exsikkators ist mit trockenem Chlorcalcium oder konzentrierter Schwefelsäure, in welche eine Anzahl Bimssteinstücke gelegt sind, um das Überschwappen der Schwefelsäure zu verhindern, angefüllt. Das Chlorcalcium sowohl als auch die Schwefelsäure haben den Zweck, den Exsikkatorraum bei aufgelegtem Deckel trocken und wasserfrei zu halten. Der obere Rand des Exsikkators, ebenso der Deckel an den Stellen, an denen er auf dem Rand aufliegt, werden zur Herbeiführung eines luftdichten Abschlusses mit Talg eingefettet.

Die Wägegläschen. (Abb. 8.)

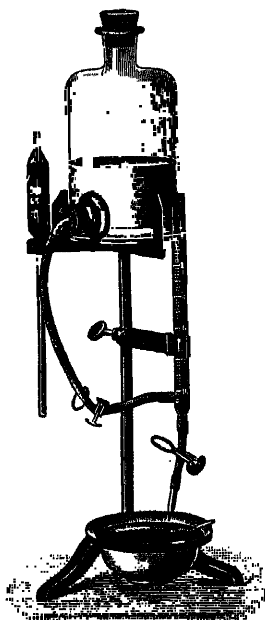
Die Wägegläschen oder Trockengläschen dienen zur Wasserbestimmung in Stärke und stärkehaltigen Substanzen. Die Stöpsel müssen eingeschliffen sein und dicht schließen.

Die Spritzflasche. (Abb. 9.)

Die Spritzflasche besteht aus einem Kochkolben, einem doppelt durchbohrten Kork, durch dessen Öffnungen ein kurzes und ein langes gebogenes Glasrohr in den Kochkolben hineinreichen. Durch Blasen in das kurze Glasrohr wird die Flüssigkeit (Wasser) in dem Kolben durch die Spitze des langen Rohres in einem feinen Strahl ausgetrieben. Die Spitze ist durch einen Kautschukschlauch mit dem langen Rohr verbunden und läßt sich daher bequem dirigieren. Stülpt man die Spritzflasche um, so fließt das Wasser aus dem kurzen Rohr in dickem Strahle.

Der Titrierapparat. (Abb. 10 u. 11.)

Der Titrierapparat dient zur Untersuchung auf Säure und Alkalien. Er besteht aus einer auf einem Stativ stehenden Flasche, enthaltend die Titrier-



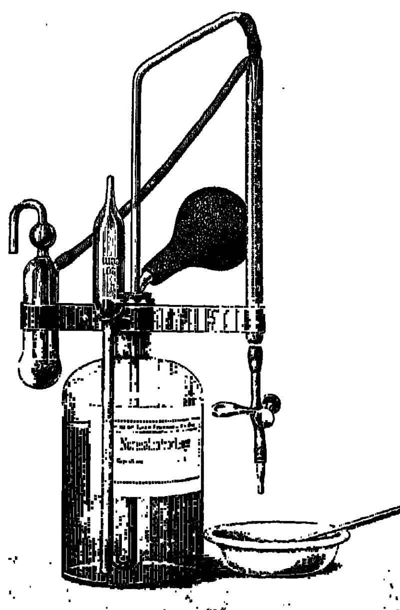


Abb. 10. Titrierapparat. Abb. 11.

flüssigkeit, entweder Normalnatronlauge, oder Normalschwefelsäure, einem in $^1/_{10}$ ccm geteilten Meßrohr (Bürette), welches bei Abb. 10 durch Öffnung des Quetschhahnes am Verbindungsschlauch zwischen Flasche und Meßrohr, bei Abb. 11 durch Drücken auf den Gummiball bis zum 0-Strich mit der Titrierflüssigkeit gefüllt wird, was bei Vorrichtung 11 selbsttätig erfolgt, ferner aus einer Titrierschale mit Glasstab und einer Pipette zu 20 ccm.

Die Säure- resp. Alkalibestimmung wird am besten nach Saare in der Weise ausgeführt, daß 25 g der Stärkeprobe mit 25—30 ccm destilliertem Wasser angerührt und unter lebhaftem Rühren mit $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge,

wenn man auf Säure prüft, mit $^1/_{10}$ Normal-Schwefelsäure, wenn man auf Alkali prüft, vorsichtig titriert werden.

Unter Titrieren versteht man in der Chemie die maßliche Bestimmung eines Bestandteiles in einer Lösung. Die Menge eines Stoffes (Säure, Alkali) in einer gegebenen Substanz wird bestimmt durch Zugabe einer gemessenen Menge einer genau bekannten Lösung (Normalnatronlauge, Normalschwefelsäure), bis diese das Aufhören einer gewissen Erscheinung (das Rotfärben oder Blaufärben des Lackmuspapieres durch die Säure oder Alkali in der Flüssigkeit) verursacht.

Um bei der Titration die Endreaktion festzustellen werden 25 g einer neutral reagierenden Kontrollprobe mit 25—30 ccm Wasser zu ebenso dicker Stärkemilch angerührt. Von beiden Proben werden nun Tropfen mit einem Glasstab auf mehrfach gefaltetes Filtrierpapier gebracht und das Wasser abgesaugt. Auf die abgesaugte Stärkekuppe setzt man aus einem Röhrchen verdünnte Neutral-Lackmuslösung, bis die Färbung beider Proben übereinstimmt. Hat man so die zur Titration notwendige Menge Lauge oder Säure festgestellt, dann wird eine zweite Probe gemacht, bei der die erforderliche Menge Normal-Lauge oder Säure auf einmal zugelassen wird.

Die Baumé-Spindel. (Abb. 12.)

Die Baumé-Spindel dient zur Feststellung der Konzentration der Stärkemilch, der Laugen und Säuren. Sie ist ein Araometer, d. i. ein Instrument zur Ermittlung des spezifischen Gewichtes von Flüssigkeiten. Die Spindel besteht aus einem langen zylindrischen Schwimmkörper, der oben in ein dünnes Rohr übergeht, das mit einer Skala versehen ist. Der zylindrische Schwimmkörper ist unten kugelförmig ausgeblasen und mit Schrot oder Quecksilber beschwert, so daß das Instrument vertikal aufrecht stehend in Flüssigkeiten schwimmt.



Abb. 12. Baumé-Spindel.

Die zu untersuchende Flüssigkeit wird in einen Glaszylinder (Abb. 13) gegeben und durch Einstellen in temperiertes Wasser oder durch Erwärmen mit der Hand auf eine Temperatur von 17,5° C. gebracht. Stärkemilch muß vor dem Spindeln jedesmal umgeschüttelt werden, da die Stärke sich schnell zu Boden setzt, wodurch die obere Flüssigkeitsschicht im Zylinder ein geringeres spezifisches Gewicht erhält. In die Flüssigkeit wird die Spindel vorsichtig eingetaucht, damit der herausragende Teil der Spindel nicht benetzt, und dadurch schwerer gemacht wird. Das Ablesen der Baumé-Anzeige geschieht bei durchsichtigen Flüssigkeiten in der Weise, daß man das Auge etwas unter den Flüssigkeitsspiegel richtend, feststellt, an welcher Stelle der in $^1/_{10}$ oder $^5/_{10}$° Bé geteilten Spindel die Flüssigkeitsoberfläche direkt unterhalb des Spiegels die Skala der

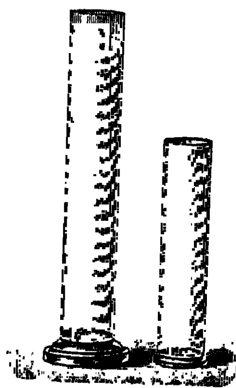


Abb. 13. Glaszylinder.

Spindel schneidet. Bei undurchsichtigen Flüssigkeiten (Stärkemilch) füllt man den Zylinder bis zum Überlaufen voll, führt die Spindel schnell hinein, und liest dann in der Mitte des Wulstes, der sich um den Stengel der Spindel gebildet hat, ab. Für je 2,5° C. über 17,5° C. sind 0,05 zu-, für je 2,5 über abzurechnen.

1° Bé = ca. 20 g wasserfreie Stärke in 1000 ccm Stärkemilch,

1° Bé = ca. 12,5 g Schwefligsäuregas in 1000 ccm wässeriger Lösung.

Apparat zur Bestimmung der auswaschbaren Stärke. (Abb. 14.)

Zur Bestimmung der auswaschbaren Stärke in Reibsel und Pülpe und der gewinnbaren Stärke in Schlammstärke und Stärkeschlamm sind erforderlich

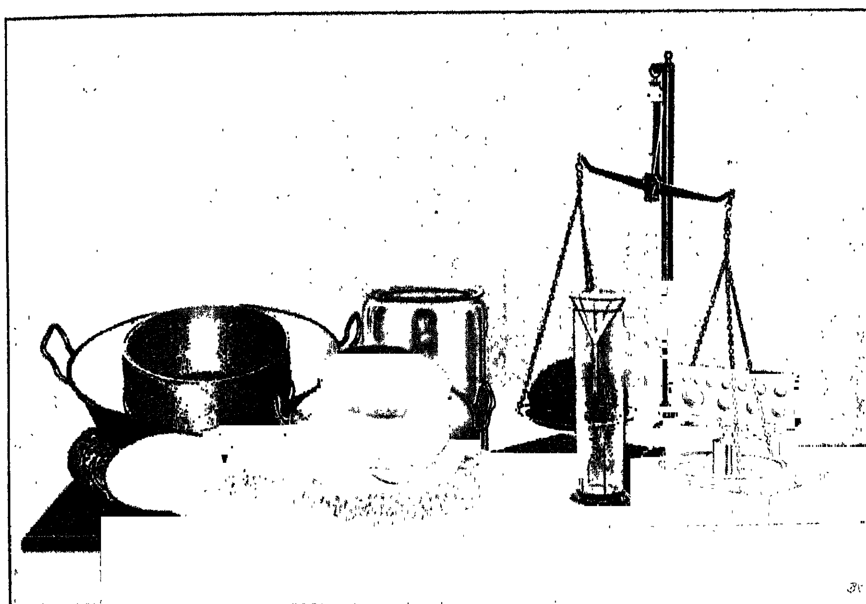


Abb. 14. Apparat zur Bestimmung der auswaschbaren Stärke.

ein grobes Haarsieb, ein mit Seidengaze Nr. 15 bespanntes Sieb, ein Gefäß zur Aufnahme der zu untersuchenden Substanz, ein Gefäß zur Aufnahme des Waschwassers, ein großer und ein kleiner Zylinder, eine Tarierwage, ein Filter und ein Glastrichter.

Auf der Tarierwage werden 0,5—1 kg Substanz abgewogen und durch das grobe Haarsieb mit reinem Wasser gut ausgewaschen. Die mit dem Waschwasser durch das Sieb gegangene Stärke wird aufgefangen und mit dem Wasser zusammen durch das mit Seidengaze Nr. 15 bespannte Sieb in eine Schale oder den großen Zylinder gegossen. Die Stärke setzt sich in dem Wasser ab, das Wasser wird abgegossen oder abgehebert, und die am Boden befindliche Stärke auf das Filter gegeben, schwach abgepreßt und gewogen. Die so gewonnene

Stärke wird als feuchte Stärke mit 50 % Wasser berechnet. Will man die Stärke als wasserfreie Stärke berechnen, so trocknet man die auf dem Filter gesammelte feuchte Stärke eine Stunde bei 50° C. im Trockenschrank vor, um sie dann 4 Stunden bei 120° C. zu Ende zu trocknen. Die getrocknete Stärke wird dann gewogen.

Die völlig ausgewaschene Pülpe wird benutzt zur Bestimmung der gebundenen Stärke (siehe Untersuchungsmethoden). Bei dieser Bestimmung stellt man meist gleich den Gehalt an Trockensubstanz in der Pülpe fest. Das geschieht in der Weise, daß 50 g Pülpe im Trockenschrank bei 105° C. getrocknet und nach dem Erkalten wieder gewogen werden. Zieht man die letzte Wägung von 50 g ab und multipliziert die erhaltene Zahl mit 2, so erhält man den Trockensubstanzgehalt der Pülpe in Prozenten.

Die Kartoffelwage.

Die Bestimmung des Stärkegehaltes der Kartoffel beruht auf der Ermittelung des spezifischen Gewichtes derselben. Das spezifische Gewicht steht mit dem Trockensubstanzgehalt der Kartoffeln in bestimmte Beziehungen. Desgleichen der Trockensubstanzgehalt mit dem Stärkegehalt. Nach Maercker weicht der wirkliche Trockensubstanzgehalt von dem nach dem spezifischen Gewicht berechneten um ± 0,5 %, nur selten um ± 1 % ab. Die Differenz zwischen dem Trockensubstanzgehalte und dem Stärkegehalte der Kartoffeln ist eine meist konstante Zahl 5,572. Auf Grund dieser Feststellungen haben Maercker, Behrend und Morgen eine Tabelle berechnet, nach der man aus dem gefundenen spezifischen Gewicht der Kartoffel den Gehalt an Trockensubstanz und Stärke ablesen kann (siehe Untersuchungsmethoden).

Das spezifische Gewicht eines Körpers ist das Verhältnis zwischen seinem absoluten Gewicht und seinem Volumen, oder mit anderen Worten das Gewicht eines Körpers, verglichen mit dem Gewichte des gleichen Raumteiles Wassers, ist das spezifische Gewicht dieses Körpers. Das spezifische Gewicht der Kartoffel kann man demnach als die Zahl bezeichnen, welche angibt, wievielmal schwerer die Kartoffel ist als ein gleicher Raumteil Wasser. Das Gewicht dieses Raumteiles Wasser ist die Gewichtseinheit, das spezifische Gewicht des Wassers ist gleich 1.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Kartoffeln geschieht durch folgende Apparate:

a) Die Reimannsche Wage. (Abb. 15.)

Die Wage besteht aus einem Balken nach Dezimal-System konstruiert nebst Gewichtsschale, welche auf dem Bügel des dazu gehörigen Wasserbehälters mittelst Schraubenmutter befestigt ist, aus zwei verzinnten Drahtkörben zur Aufnahme der Kartoffeln und den dazu gehörigen Gewichten. Nachdem der Balken befestigt, die Gewichts-Schale und Körbe, wie Zeichnung zeigt, eingehängt sind, füllt man den Bottich mit destilliertem Wasser oder reinem Regenwasser soweit, daß der untere Korb ganz von demselben bedeckt ist. Der untere Korb darf die Wände und den Boden des Bottichs nicht berühren. Sodann wird die Wage vermittelst

des oberhalb des Balkens befindlichen Schiebegewichtes, wie bei jeder Dezimalwage, einspielend gestellt, d. h. das Gewicht wird solange vor- oder rückwärts geschoben, bis die beiden Messingschnäbel, die Zungenspitzen der Wage, sich genau gegenüberstehen und dann fest geschraubt.

Zur Erlangung genauer Resultate ist die Entnahme einer guten Durchschnittsprobe der Kartoffeln durchaus erforderlich.

Vor Beginn der Wägung achte man darauf, daß die zu wiegenden Kartoffeln trocken und vorher mit einer Bürste vom Sand gereinigt sind; daß das zu verwendende destillierte oder Regenwasser eine Temperatur von 17,5° C. hat. Darauf wiegt man 10 Pfund Kartoffeln im oberen Korbe ab, indem man die dem Korbe entgegengesetzte Gewichtsschale mit einem 500 Gramm-Stück belastet, wie bei Wägung mit einer Dezimalwage. Ist das Einspielen der Zungenspitzen durch ganze Kartoffeln nicht zu ermöglichen, so bedient man sich der Teile einer zerschnittenen Kartoffel hierzu. Der untere Korb hängt auch hierbei ganz im Wasser. Nach Vollziehung dieser Wägung werden die Kartoffeln aus dem oberen Korb in den unteren hineingelegt.

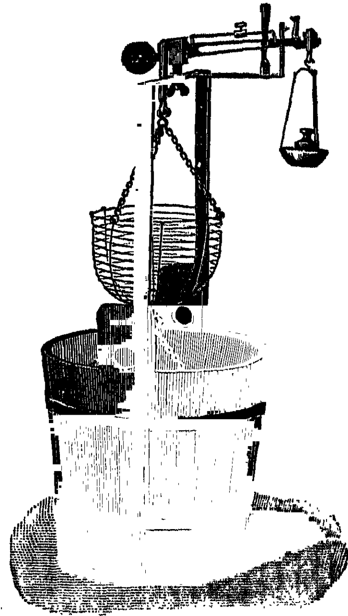


Abb. 15. Reimannsche Kartoffelwage.

Es folgt nun die zweite Wägung der Kartoffeln unter Wasser.

Es kommt häufig vor, daß Luftblasen an den Kartoffeln festsitzen; es ist deshalb notwendig, den unteren mit Kartoffeln gefüllten Korb mehrmals auf und ab zu bewegen; auf diese Weise werden die Luftblasen abgestoßen. Man überzeugt sich von der Abwesenheit der Luftblasen dadurch, daß man das Gewicht der Kartoffeln unter Belassen vor und nach dem Schwenken des Korbes bestimmt. Ist das Gewicht nach dem Schwenken höher geworden, so muß letzteres wiederholt werden, bis das Gewicht konstant ist.

Das sich ergebende Gewicht ist auf der Tabelle zur Bestimmung des Stärkegehaltes in der ersten Spalte aufzusuchen und findet sich in den nebenstehenden überschriebenen Rubriken der dem Gewicht entsprechende Stärkegehalt in Prozenten berechnet (siehe Untersuchungsmethoden).

b) Die Schiebegewichtskartoffelwage nach Parow. (Abb. 16 u. 16 a.)

Eine Kartoffelwage mit nicht abnehmbaren Gewichten und empirisch geteilter Skala, welche die direkte Ablesung von Stärkeprozenten gestattet, ist die Parowsche Wage.

Die Schiebegewichtskartoffelwage des Verfassers ist genau wie die Reimannsche Kartoffelwage konstruiert, mit dem Unterschiede, daß an dem nach Dezimalsystem hergestellten Wagebalken ein großes rundes Schiebegewicht läuft. Über letzterem befindet sich eine mit empirischer Teilung versehene Schiene mit einem kleinen Laufgewicht. Die ganze Wage ist auf dem Bügel des dazu gehörigen Wasserbehälters mittels Schraubenmutter befestigt, und trägt andererseits die verzinnten Drahtkörbe zur Aufnahme der Kartoffeln. Nachdem der Balken horizontal (man kontrolliert dies am besten mit der Wasserwage) befestigt, und die Körbe wie bei der Reimannschen Wage angehängt sind, füllt man den Bottich mit reinem Wasser von 17,5° C. (14° R.) soweit, daß der untere Korb ganz von demselben bedeckt ist und das Wasser bis an das Überlaufloch reicht.

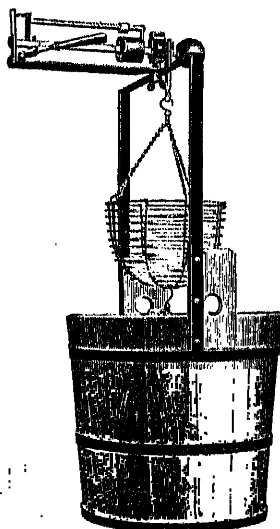


Abb. 16.

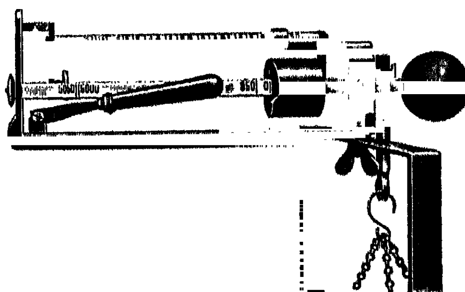


Abb. 16a.

Schiebegewichtskartoffelwage nach Parow.

Der untere Korb darf die Wände und den Boden des Bottichs nicht berühren. Das Einstellen der Kartoffelwage erfolgt in folgender Weise:

Den großen und den kleinen vernickelten Schieber schiebt man soweit als möglich nach rechts, also bis an die senkrechte Tragestange, für die Schiene des kleinen Laufgewichtes. Das große Gewicht steht dann auf dem Null-Punkt.

Links am Wagebalken befindet sich ein beweglicher Schieber, welcher zum tarieren der Wage dient. Man verstellt denselben derartig, daß die beiden Zungen der Wage gegenüberstehen. Durch Anziehen der Feststellschraube verhütet man eine Veränderung der Lage des Tariergewichtes beim Abwiegen. Die Wage ist jetzt gebrauchsfertig.

Um 5 kg trockene Kartoffeln abzuwiegen, schiebt man das große Schiebegewicht nach links bis an den Teilstrich 5000. Ist das Einspielen der Zungenspitzen durch ganze Kartoffeln nicht zu ermöglichen, so bedient man sich der Teile

einer zerschnittenen Kartoffel hierzu. Der untere Korb hängt auch hierbei ganz unter Wasser. Nach Vollziehung dieser Wägung werden die Kartoffeln aus dem oberen Korb in den unteren hineingelegt. Große mit inneren Hohlräumen und etwa auf dem Wasser schwimmende Kartoffeln werden halbiert und die dann noch schwimmenden direkt von der Wägung ausgeschlossen.

Beim Wiegen der Kartoffeln unter Wasser schiebt man das große Schiebegewicht nach rechts bis hinter die Zahl 350, und zwar soweit, daß gerade der Teilstrich zum Vorschein kommt, bringt die Wage durch Verschiebung des kleinen Laufgewichtes in das Gleichgewicht und kann dann sofort den Prozentgehalt der Stärke direkt auf der mit Teilung versehenen Schiene links an dem kleinen Laufgewicht ablesen.

Die vorbereitenden Manipulationen müssen genau so erfolgen wie bei der gewöhnlichen Kartoffelwage bezüglich der Temperatur und Reinheit des Wassers und bezüglich des Reinigens der Kartoffeln. Der Vorteil der Parowschen Kartoffelwage besteht darin, daß der Gewichtssatz und die Tabelle gespart und der Stärkegehalt der Kartoffeln direkt an der Wage abgelesen werden kann.

Bei Nichtgebrauch wird die Wage durch Hochschieben der Arretierung in Ruhestand versetzt.

Da das Trocknen der gewaschenen Kartoffeln gewisse Zeit in Anspruch nimmt, kann man, um bei rascheren Untersuchungen Zeit zu sparen, auch die Kartoffeln in nassem Zustande wiegen. In diesem Falle ist aber das den Kartoffeln anhaftende Wasser zu berücksichtigen, das geschieht dadurch, daß man statt 5000 g trockener 5050 g nasse Kartoffeln abwiegt, indem man das große Schiebegewicht nach links, bis an die Marke 5050 schiebt.

c) Die Kartoffelwage nach v. der Heide. (Abb. 17.)

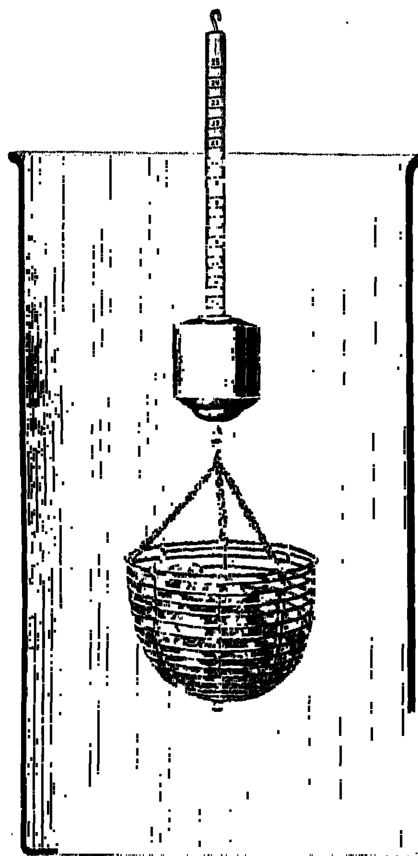
Die von der Heidesche Kartoffelwage ist auf Feststellung des spezifischen Gewichts nach dem Prinzip der Nicholsonschen Wage und des Skalen-Aräometers begründet. Der Apparat besteht, wie Abbildung 17 zeigt, im wesentlichen aus einem Schwimmkörper aus Messing, an welchem unten der zur Aufnahme der Kartoffeln dienende verzinkte Drahtkorb gehängt wird, und welcher oben eine messingne Spindel trägt. Die letztere ist rings um den Stengel mit einer eingravierten Teilung und mit Zahlen versehen, welche direkt die Stärkeprozente angeben.

Die Ausführung der Spindelung kann in einem verzinkten Eisengefäß erfolgen oder in irgend einem Bottich oder Faß, welche die nötige Höhe etwa 90 cm aufweisen.

Am oberen Teil der Spindel befindet sich ein Haken, an welchem das Instrument aufgehängt werden kann, um es aufzubewahren. Dieses Aufhängen kann auch an einer an dem eisernen Bottich angebrachten Aufhängevorrichtung geschehen, welche gleichzeitig als Halter für eine gewöhnliche zum Abwiegen der Kartoffeln dienende Wage bestimmt ist.

Die vorbereitenden Manipulationen müssen genau so erfolgen wie bei der gewöhnlichen Kartoffelwage bezüglich der Temperatur des Wassers und der Reinheit der Kartoffeln.

Man füllt zunächst das zur Spindlung dienende Gefäß (den eisernen Bottich oder ein Faß) mit destilliertem Wasser oder reinem Regenwasser von 17,5° C. (14° R.) bis eine Hand breit unter dem Rand des Gefäßes. Dann müssen die Kartoffeln zuvor gut von anhaftendem Schmutz und Sand befreit sein, worauf man 5000 g (10 Pfd.) mit einem Tuch abgetrockneter oder 5050 g nasser Kartoffeln im Korb abwiegt, welcher der Einfachheit halber so tariert ist, daß das Gewicht desselben gleich der Wageschale ist, welche zur Aufnahme des 5 kg-Gewichts dient.


Abb. 17. Kartoffelwage nach v. d. Heide.

Nach Vollziehung der Wägung wird der Korb unten an den Schwimmkörper gehängt und der ganze Apparat vorsichtig in das mit Wasser gefüllte Gefäß hineingesenkt.

Die an den Kartoffeln befindlichen Luftblasen entfernt man durch vorsichtiges Auf- und Abbewegen des ganzen Apparates und zwar solange, bis keine Veränderung der Anzeige mehr eintritt. Die Zahl an der Spindel, bis zu welcher der Schwimmkörper in das Wasser eingesunken ist, gibt den Stärkegehalt der Kartoffeln direkt an.

Der Vorteil dieser Wage besteht ähnlich wie bei der Parowschen darin, daß sowohl die kleinen Gewichte als Tabellen wegfallen. Die Wage ist vorsichtig aufzubewahren und vor Druck und Stoß zu hüten. Ein Eindruck des Instruments verändert sein Volumen und ergibt infolgedessen ein falsches Resultat. Um eine Veränderung der Wage zu kontrollieren, bedient man sich eines Kontrollgewichtes. Bei Vornahme dieser Prüfung stellt man das Kontrollgewicht in den Korb, hängt diesen an den Apparat und senkt ihn in den eisernen Bottich, welcher dann bis zum Teilstrich 16 einsinken muß. Ergibt die Ablesung ein anderes Resultat, so zeigt die Spindel nicht mehr richtig an.

Folgende Vorsichtsmaßregeln müssen bei Benutzung der Kartoffelwagen beachtet werden: Die Kartoffeln müssen gesund und gut gereinigt sein. Das Wasser muß rein und klar sein und eine Temperatur von 17,5° C. haben. Der untere Drahtkorb muß vor dem Wägen und während desselben gleich tief in

Wasser eintauchen. Trockenfaule Kartoffeln sind von den von Trockenfäule befallenen Teilen durch Ausschneiden zu befreien. Gefrorene Kartoffeln werden in lauwarmem Wasser aufgetaut und durch mehrmaliges Wechseln desselben von der Erde befreit; von den gut abgetropften Kartoffeln werden 5 kg abgewogen und das Unterwassergewicht festgestellt. Von dem ermittelten Stärkegehalt wird 1% in Abzug gebracht. Bei teilweise gefrorenen Kartoffeln werden zur Bestimmung auf Stärkegehalt nur die nicht gefrorenen verwendet.

Jodlösung.

Zum qualitativen Nachweis von Stärke wendet man eine wässerige oder eine Jodkalium-Jodlösung an. Diese Reagentien färben Stärke (lufttrocken und feucht), Stärkekleister und Stärkelösungen sofort blau bis fast schwarz, je nach der vorhandenen Stärkemenge. In der Kälte tritt die Färbung am schönsten auf, in der Wärme nimmt die blaue Färbung allmählich ab.

Verdünnte Jodlösung stellt man am besten her durch Auflösen von 1 g Jod, 2 g Jodkalium in 250 ccm Wasser (destilliertes Wasser).

Normal $^1/_{10}$ Jodlösung wird hergestellt durch Auflösen von 12,7 g fein zerriebenes Jod und 25 g Jodkalium in einem Liter Wasser. Man löst die beiden Chemikalien in der Kälte unter öfterem Umschwenken in etwa 500 ccm destilliertem Wasser auf und füllt die Lösung mit Wasser zu einem Liter auf.

Normal $^1/_{10}$ Natronlauge.

Zur quantitativen Bestimmung der Säure in der Stärke ist eine Normallauge erforderlich. Diese bereitet man, indem man 4,5—5 g reines, trockenes Natronhydrat zu etwa 1 l auflöst. Zur genauen Einstellung der $\frac{N}{10}$-Natronlauge wendet man eine frisch bereitete Lösung von $\frac{N}{10}$-Oxalsäure an, welche durch Auflösen von genau 6,3 g fein kristallisierter, trockener, d. h. chemisch reiner Oxalsäure zu 1 l Lösung hergestellt wird.

Von der Natronlauge titriert man 10 ccm mittelst der $\frac{N}{10}$-Oxalsäure und verdünnt nach dem Oxalsäureverbrauche die Lauge. Sind z. B. zur Neutralisation der 10 ccm Natronlauge 11,3 ccm Oxalsäurelösung verbraucht worden, so verhält sich:

$$10 : 11{,}3 = x : 1000$$
$$x = 884{,}95.$$

Zur Herstellung einer genauen $\frac{N}{10}$-Natronlauge müssen also 884,95 ccm der Lauge mit destilliertem Wasser zu 1 l verdünnt werden.

Normal $^1/_{10}$ Schwefelsäure.

Die quantitative Bestimmung von Alkali (z. B. bei Reisstärke) wird durch Titration mit Normalsäure ausgeführt. $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure wird hergestellt,

indem man 3,5 ccm reine konzentrierte Schwefelsäure mit destilliertem Wasser auf einen Liter verdünnt.

Die Prüfung auf richtige Einstellung erfolgt durch Titration mit $\frac{N}{10}$-Natronlauge. Bei richtiger Einstellung entsprechen 10 ccm Normallauge genau 10 ccm Normalsäure. Die Einstellung der Lösung wird in der Weise ausgeführt, daß 10 ccm der hergestellten Säurelösung mit $\frac{N}{10}$-Natronlauge titriert werden. Werden z. B. zur Neutralisation der Schwefelsäure 12,2 ccm der Lauge verbraucht, so verhält sich:

$$10 : 12{,}2 = x : 1000$$
$$x = 819{,}5.$$

Das heißt also 819,5 ccm der hergestellten Säure müssen mit destilliertem Wasser zu einem Liter verdünnt werden.

Lackmuslösung und Lackmuspapier.

Gereinigter Lackmusfarbstoff (reines Azolithmin) hat die Eigenschaft mit Laugen eine Blaufärbung, mit Säuren eine Rotfärbung zu geben. Diese Eigenschaft wird benutzt bei der Titration und Neutralisation von Säuren und Alkalien. Fügt man einer Säure einen Tropfen Lackmuslösung hinzu, so färbt sich die Flüssigkeit rot, setzt man einer Lauge den Tropfen zu, so färbt diese sich blau. Ebenso färbt sich Lackmuspapier mit Säure rot, mit Lauge blau. Setzt man einer Säure Lauge hinzu, so färbt die Säure das Lackmuspapier solange rot, bis die Säure durch die Lauge neutralisiert ist, d. h. von beiden kein Überschuß vorhanden ist; in diesem Falle wird die Farbe des Lackmuspapieres nicht verändert. Sowie aber ein Überschuß von Lauge vorhanden ist, wird ein Tropfen auf das Lackmuspapier gebracht dasselbe blau färben. Der umgekehrte Fall tritt ein, wenn Lauge durch Säure neutralisiert.

Eine Lackmuslösung wird hergestellt, indem man käufliches, reines Azolithmin (gereinigter Lackmusfarbstoff) in Wasser zu einer dunkelrotvioletten Lösung löst.

Lackmuspapier stellt man her, indem man feinstes Schreibpapier durch die Lackmuslösung zieht und trocknet.

Die Stärke.

Das Vorkommen und die Bildung.

Die Stärke, lateinisch Amylum, griechisch ἀμύλη ohne Mühle (weil es ohne Mühle gewonnen werden kann), ist in dem Pflanzenreich sehr weit verbreitet. Sie ist ausschließlich ein pflanzliches Erzeugnis. Überall dort, wo in den Pflanzen das Chlorophyll oder der grüne Farbstoff vorkommt, wird auch zu gewissen Zeiten Stärke gefunden. Chlorophyllfreie Pflanzen z. B. Pilze enthalten keine Stärke. Besonders reich an Stärke sind die Getreidesamen der Mais, Reis, Weizen, die Hirse, die Samen vieler Leguminosen die Bohnen, Linsen, Erbsen. Auch in dem Buchweizen, den Eicheln und Kastanien kommt Stärke in nicht unbeträchtlicher Menge vor. Ferner in den Kartoffeln, den Bataten, den Knollen von Arum vulgare und esculentum, den Jamswurzeln (Dioscorea sativa), den knolligen Wurzelstöcken der Maranta Curcuma, der Jatropha Manihot siehe Manihot utilissima (Yppimwurzeln und Mandioca- oder Maniok-wurzeln), dem Mark vieler Palmen (Sagus Rumphii, farinifera usw.) und den Arten von Cycas (Cycas revoluta usw.). Nach ihrem Ursprunge spricht man von Weizen-, Kartoffel-, Reis-, Mais-, Manioka- und Sagostärke.

Die Stärke kommt in der Pflanze in drei Formen vor, als Assimilationsstärke, als transitorische Stärke und als Reservestärke. Die Assimilations-autochthone (eingeborene) Stärke wird gebildet in den grünen Pflanzenteilen speziell in den Chlorophyllkörnern unter Mitwirkung des Sonnenlichtes aus Kohlensäure und Wasser. Sie entsteht in Gestalt sehr kleiner runder oder spindelförmiger Körnchen. Den Vorgang der Stärkebildung erklärt man sich in folgender Weise: Zunächst wird die Kohlensäure zu Formaldehyd reduziert, 6 Moleküle dieser Verbindung kondensieren sich sodann zu Traubenzucker und durch Wasseraustritt aus dem Traubenzucker kondensiert sich dieser zu Stärke.

Durch chemische Gleichungen ausgedrückt ist der Vorgang:



I. $6\,CO_2 + 6\,H_2O = 6\,CH_2O + 12\,O$

Kohlensäure Wasser Formaldehyd Sauerstoff



II. $6\,CH_2O = C_6H_{12}O_6$ III. $C_6H_{12}O_6 = C_6H_{10}O_5 + H_2O$

Formaldehyd Traubenzucker Traubenzucker Stärke Wasser.

Die Assimilationsstärke dient zur momentanen Ernährung und zum augenblicklichen Wachstume der Pflanze. Da die Stärke selbst aber nicht durch die

Zellwände hindurchdringen kann, so wird sie in den Chlorophyllkörpern gleich nach ihrer Entstehung einem Lösungsgange unterworfen. Durch ein Enzym (Diastase genannt), welche gleichfalls in den Chlorophyllkörpern entsteht, wird die Stärke in eine lösliche Form (Maltose, Dextrose) verwandelt; sie kann nun die Zellwände durchdringen und wandert in Form von Zucker in den Stärkebahnen nach den Orten des Verbrauches, also besonders den lebhaft wachsenden Punkten, den jungen Gipfelsprossen, den Knospen, Wurzeln, den Samenkörnern und Knollen. Wird an den Orten nicht alle zugeführte Stärke zum Aufbau neuer Zellen verbraucht, so schlägt sich dieselbe vorübergehend wieder in sehr kleinen Körnchen nieder, diese Stärke ist die transitorische Stärke (Übergangstärke). Im Bedarfsfalle wird diese Stärke gleich wieder gelöst. Sie wird angetroffen in den wachsenden Zellen der Stengel, Blätter und Wurzeln. Im Herbst, bevor die Pflanze ganz oder zum Teil abstirbt, werden die Vegetationsorgane entleert und alle Stärke in die überwinternden Organe, in die Reservebehälter, die als Stärkespeicher dienenden Fortpflanzungsorgane, übergeführt. Die hier abgeschiedene Stärke ist die Reservestärke. Solche Stärkespeicher sind u. a. die Früchte der Banane, die Samen der Getreidearten und Hülsenfrüchte, die Stammknollen der Kartoffeln und der Stamm, besonders das Mark der Sagopalme. In den Reservebehältern speichert die Pflanze die Reservestärke auf, damit sie in der ersten Zeit der Entwicklung, d. i. die Zeit, während welcher sie noch unter der Erde ruht und nicht selbst die Stoffe zum Aufbau neuer Zellen hervorbringen kann, reichlich mit organischer Nahrung versehen ist. Daher ist die Reservestärke auch immer in großer Masse vorhanden und nur diese lohnt praktische Ausbeute.

Der mittlere Stärkegehalt der als Rohstoffe für die Stärkeindustrie wichtiger Pflanzen ist folgender:

Kartoffeln	18 %
Weizen	65 „
Mais	60 „
Reis	75 „

Der Bau und das Wachstum.

Die genauere Betrachtung der Stärke führt zu der Erkenntnis, daß die Stärke aus Körnern von bestimmter Form besteht, und daß die Körner der einzelnen Stärkearten sehr verschieden groß sind. Die mikroskopische Betrachtung der Kartoffelstärke lehrt, daß die Körner fast nie kugelig sind, sondern eine fast stets mehr oder weniger langgestreckte, häufig unregelmäßige Gestalt haben. Bei der Weizenstärke sind die Formen vorwiegend eiförmig, bei der Mais- und Reisstärke meist polyetrisch. Diese Gestaltsverhältnisse sind für die einzelnen Stärkearten so charakteristisch, daß sie ein sicheres Erkennungsmittel der einzelnen Arten geben. Bei der mikroskopischen Untersuchung findet man weiter, daß jedes einzelne frisch aus der Pflanze gewonnene Korn in seinem Innern mindestens einen hellglänzenden Punkt zeigt, in der trockenen Stärke sieht man an Stelle des hellen Punktes einen dunklen Fleck. Das ist der Kern des Stärkekornes. Dieser Kern liegt bei der Kartoffelstärke außerhalb des Zentrums des Stärkekornes, man

spricht hier von einem exzentrischen Kern; bei den Getreidestärken befindet sich der Kern in der Mitte des Kornes, man spricht von einem konzentrischen Kern. Der Kern ist stets das organische Zentrum des Kornes, um ihn verlaufen Schichten, welche je nach der Lage des Kernes konzentrische oder exzentrische Zonen bilden. Besitzen die Körner nur einen Kern, dann bezeichnet man sie als einfache Körner; sind mehrere Kerne vorhanden, von denen jeder von gesonderten Schichten umgeben ist, nennt man sie echte oder zusammengesetzte Stärkekörner. Oft finden sich in einem Korn, meistens in der Achse desselben, zwei Kerne, oder in tetraedischer Stellung drei Kerne, oder noch weit mehrere, von denen jeder von einzelnen Schichten umhüllt ist, während die zwei oder drei so gebildeten kleinen Körner wieder von sie alle einschließenden Schichten umgeben werden, diese bezeichnet man als unecht zusammengesetzte Körner. Bei den echt zusammengesetzten Körnern bildet jeder Kern mit seinem Schichtensystem ein eigenes Individuum, welches mit seinem Nachbar nur locker verbunden ist, leicht von ihm getrennt wird und dann als einfaches, oder Teilungskorn oder Bruchkorn auftritt. Da die Teilungskörner im unverletzten Korn dicht aneinander gelagert sind, so können sie eine runde Gestalt nicht bewahren, sondern werden durch gegenseitigen Druck polyedrisch, vielkantig gestaltet. Sind mehrere Körner von einigen gemeinsamen Schichten umgeben, so nennt man sie halb zusammengesetzt. Die zusammengesetzten Körner entstehen nach Schimper dadurch, daß in einem Stärkebildner (Chromatophor) ebenso viele Bildungszentren auftreten als Teilkörner entstehen. Letztere besitzen meist dieselbe oder nahezu dieselbe Größe, selten ist ein Teilkorn durch Größe hervorragend, während die anderen klein blieben. Unecht zusammengesetzte Körner entstehen dadurch, daß sich mehrere Einzelkörner aneinander legen und sich gegenseitig abplatten, oder dann, wenn in einem schon weiter ausgebildeten Korne in bereits vorhandenen Schichten neue Kerne, und um diese neue Schichtenkomplexe auftreten. Halb zusammengesetzte Stärkekörner entstehen nach A. Meyer durch Umlagerung von mehreren einfachen Stärkekörnern mit gemeinsamen Stärkeschichten.

Von den am häufigsten vorkommenden Arten besteht die Weizenstärke fast nur aus einfachen Körnern, die Kartoffelstärke überwiegend aus einfachen Körnern, doch finden sich auch viele unecht zusammengesetzte, sowie einzelne echt zusammengesetzte Körner vor; in der Mais- und Reisstärke kommen vorzugsweise echt zusammengesetzte Körner vor, die aber bei der fabrikmäßigen Herstellung zertrümmern und in Teilkörner zerfallen.

Die verschiedenen Formen der Stärke werden durch nachstehende Abbildungen aus J. Wiesner, techn. Mikroskopie veranschaulicht.

Über den Aufbau der Stärkekörner existieren verschiedene Theorien. Nägeli dachte sich die Stärkekörner aus senkrecht zu den Schichten gestellten, gestreckten Kriställchen, welche er Mizellen nannte, zusammengesetzt, die alle ringsum frei im Wasser liegen. Er ließ die den Übergang zwischen Flüssigkeiten und festen Körpern bildenden Kugeln durch Einlagerung von Teilchen zwischen die alten wachsen und ließ die Schichten durch Drehungen infolge von Stärkesubstanzeinlagerung in die Schichten entstehen. Er nahm also an, daß die Stärke aus

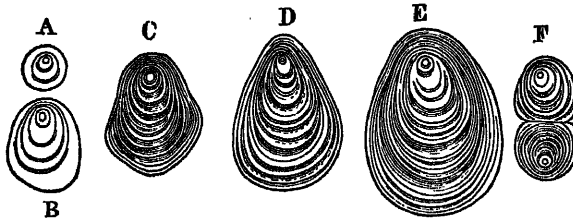


Abb. 18.

Vergr. 300 mal. Kartoffelstärke. A junges unentwickeltes Korn. B—E entwickelte Körner. F zusammengesetztes Korn.

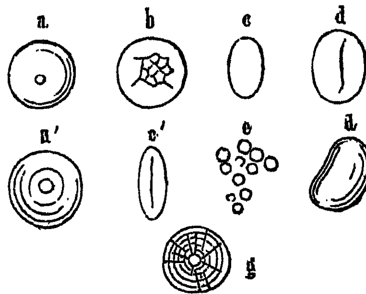


Abb. 19.

Vergr. 300 mal. Weizenstärke. a—d große, e kleine Körner; a b von der Fläche, c c' von der Seite gesehene Körner; b Korn mit netzförmigen Eindrücken, von den kleinen Körnern herrührend. c' d' Körner mit spaltenförmigen, durch den Kern durchgehenden Rissen.

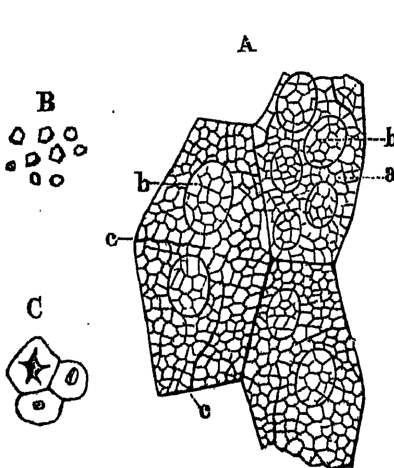


Abb. 20.

A B Vergr. 300 mal, C 800 mal. A Zellen aus dem Reiskorn. a unecht zusammengesetzte Stärke, b echt zusammengesetztes Stärkekorn, c Risse durch Eintrocknung des Gewebes hervorgerufen. B einzelne Körner von a u. b. C dieselben stärker vergrößert.

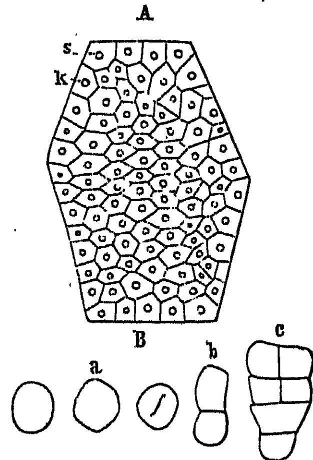


Abb. 21.

Vergr. 300 mal. A stärkführende Zellen aus dem hornigen Teile des Maiskornes, s einzelnes Stärkekorn, k Kern, B a einfache, b u. c echt zusammengesetzte Stärkekörner aus dem mehligen Teile des Maiskornes.

sogenannten Mizellen, mit einer Wasserhülle umgebenen Atomkomplexen, aufgebaut sei, die dadurch, daß sie auseinanderweichen und zwischen sich hinein neue gleichartige Atomkomplexe aufnehmen, das Wachstum der Stärke bewirken. Diese von Nägeli aufgestellte Theorie wird als Intussusceptions- oder Einlagerungslehre bezeichnet. Sie ist nicht unwidersprochen geblieben. Schimper bekämpfte sie zuerst. Er ließ die den Übergang zwischen Flüssigkeiten und festen Körpern bildenden Kugeln nicht wie Nägeli durch Einlagerung wachsen, sondern nur durch peripherische Auflagerung neuer Substanzmassen. Er ließ die Schichten nicht wie Nägeli durch Drehungen infolge von Stärkesubstanzeinlagerung in die Schichten entstehen, sondern durch Einlagerung von Wasser und dadurch entstehende Drehungen. Er nahm an, daß ebenso wie bei den Kristallen, das Wachstum der Stärkekörner dadurch hervorgerufen wurde, daß sich durch die Tätigkeit der Stärkebildner (Chromatophoren) neue Stärkeschichten auf der Oberfläche des wachsenden Stärkekornes auflagerten. Diese Theorie wurde als die Appositionstheorie oder Auflagerungslehre bezeichnet. Außer Schimper hat besonders Arthur Meyer die Nägelische Einlagerungslehre bestritten und wiederlegt. Er stellte eine ganz neue Theorie auf, die bis heute nicht widerlegt ist. Auf Grund seiner Untersuchungen nimmt Arthur Meyer an, daß die Stärkekörner sich ebenso wie die Kristalle bilden, nämlich durch wiederholtes Aufwachsen von mehreren Kristallblättchen auf einem Kristallblättchen in Zwillingsstellung. Er betrachtet die Stärkekörner als Sphärokristalle. Letztere sind kugelige Gebilde, entstanden aus verzweigten, sehr fein radial angeordneten unsichtbaren Kristallnadeln (Trichiten genannt), welche zu einzelnen Büscheln vereinigt sind. Zwischen den Trichiten befinden sich mit Wasser oder Zellsaft angefüllte Hohlräume, welche in Linien verlaufen, den Kern mit dem Umfange des Stärkekornes verbinden und alle Schichten senkrecht durchbrechen. Das Wachstum und die Schichtung der Stärkekörner ist ebenso wie das der Sphärokristalle abhängig von der Mutterlauge. Letztere ist ein Tropfen einer kompliziert zusammengesetzten, zähflüssigen Lösung das Chromatophor. Je nach der Menge der von diesem dargestellten Substanzen wächst und fällt die die Wachstumsenergie des Stärkekornes bestimmende Konzentration der Mutterlauge. Von Einfluß auf die Form und das Wachstum des Stärkekornes ist die Form des Chromatophors, diese aber ist abhängig von der Biologie der Einzelzelle, also auch der Biologie der ganzen Pflanze. Vor fernerer Wirkung ist die in dem Chromatophor lagernde Diastase, welche das Stärkekorn vorzüglich von außen bearbeitet, so daß es kleiner wird. Es tritt dies ein, sobald Zellen, welche mit den stärkebildenden der Pflanze in Beziehung stehen, mehr Amylose usw. brauchen, als die Zelle gerade produziert. Dabei kann das Stärkekorn fast verschwinden, wächst aber sofort wieder, wenn Stoffe wieder reichlicher im Chromatophor erzeugt werden.

Die Gestalt der Chromatophoren ist von großem Einfluß auf die Form der in ihnen entstehenden Stärkekörner.

Auf die Schnelligkeit, mit welcher der Chromatophor seine Gestalt ändert, ist der Grad der Zähflüssigkeit desselben von wesentlichem Einfluß, welche ähnlich wie der des Protoplasmas wechselt.

Die Chromatophoren sind kugelig, abgeflacht, flachgedrückt-ellipsoidisch, kugelschalenförmig, spindelförmig und unregelmäßig je nach der Lage der Hauptplasmamasse (Cytoplasma). Auf die Gestalt der Stärkekörner ist diese Gestaltsveränderung nur von Einfluß, wenn sie längere Zeit andauert.

Von Wichtigkeit für die Formveränderung des Chromatophors durch das darin wachsende Stärkekorn ist das verschieden große Bestreben der Chromatophorensubstanz, sich auf dem Stärkekorn zu gleichmäßig dicker Schicht auszubreiten. Dieses ist aber wieder abhängig von der geringen Zähflüssigkeit der Substanz.

Ein wichtiges Moment, welches auf die Gestalt der Chromatophoren, in denen Stärkekörner langsam und gleichmäßig heranwachsen, von Einfluß werden kann, ist der Druck, welchen ein relativ dünner aber zähflüssiger Protoplasma-Wandbelag auf sie ausübt.

Bei gleichzeitigem Druck des wachsenden Stärkekornes und eine bestimmte anfängliche Gestaltung des Stärkekornes findet auch eine besonders starke Anhäufung der Chloroplastensubstanz an zwei gegenüber liegenden Stellen des Stärkekornes statt.

Auch wenn die Stärkekörner kräftige Lösungserscheinungen durchmachen, findet unregelmäßige Verteilung der Chloroplastenmasse statt, zumal wenn gleichzeitig das Stroma leichtflüssig ist.

Auch durch eine Drehung des Stärkekorns, welche meist bei plötzlicher und energischer Lösung desselben stattfindet, und noch mehr bei wechselnder Lösung und Neubildung von Stärke findet eine ungleiche Verteilung der Chromatophorensubstanz statt.

Ein in einem Chromatophor im konstanten Wachstum befindliches Stärkekorn erhält an jedem Punkte seiner Oberfläche in der Zeiteinheit einen Zuwachs, dessen Dicke für das gegebene Stärkekorn ungefähr proportional ist der Dicke der Chromatophorenschicht, welche jeden Punkt der Kornoberfläche bedeckt.

Das ungleiche Wachstum auf beiden Seiten des Kerns des Stärkekornes ist eine Folge der ungleichen Ernährung.

Die Gestalt der durch ein Chromatophor auf ein wachsendes Stärkekorn aufgelagerten letzten Stärkeschicht ist während der auflagernden Tätigkeit des Chromatophors stets annähernd ähnlich der Gestalt des Chromatophors, sobald dieses Chromatophor während der Auflagerung in Ruhe bleibt.

Aus dem Gesagten leitet A. Meyer die Sätze ab:

1. Die Gestalt eines in einem Chromatophor, dessen Gestalt konstant bleibt, wachsenden monotonen Stärkekornes wird stets eine dem Chromatophor ähnliche werden, an welchem Orte des Chromatophors das Stärkekorn auch entsteht.

2. Die Form der Schichtung eines in einem Chromatophor, dessen Gestalt konstant bleibt, wachsenden monotonen Stärkekornes ist abhängig von dem Orte, an dem das Stärkekorn innerhalb des Chromatophors wächst.

3. Zähflüssigkeit des Chromatophors und geringes Bestreben desselben, sich in gleichmäßig dicker Schicht auf dem Stärkekorn auszubreiten, führen zu einer Erhöhung der Exzentrizität der Schichtung der in den Chromatophoren wachsenden Stärkekörner.

4. Ein großes Ausbreitungsbestreben des Chromatophors führt stets zur Entstehung zentrischer Schichtung der in ihm wachsenden Stärkekörner.

Die Erklärung der Entstehung der Schichten in den Stärkekörnern ist unter der Anerkennung derselben als Sphärokristalle und der lösenden Wirkung der Diastase nach A. Meyer eine relativ einfache.

Wie bei mineralischen Sphärokristallen durch Veränderungen in dem Zustande der Mutterlauge Schichtenbildung hervorzurufen ist, so tritt diese auch bei Veränderung in den Zuständen des Chromatophors, in welches, als seiner Mutterlauge, das wachsende Stärkekorn eingebettet liegt, auf.

Diese beruhen namentlich in der stärkeren oder geringeren, bezw. aufhörenden Bildung von Kohlehydraten, d. i. Stärke (Amylose) in den Chromatophoren, wie sie durch Belichtung oder Verdunklung, also den Wechsel von Tag und Nacht, bedingt wird.

Er konnte direkt nachweisen, daß jedem Tag eine dicke dichte, jeder Nacht eine dünne lockere Schicht in den Stärkekörnern entsprach, indem er Stecklinge von Pellionia aushungerte, so daß die Stärkekörner alle soweit gelöst waren, daß nur offene Schichten an ihnen zu sehen waren, hierauf abwartete, bis die erste Anlagerung begann und dann an den Stärkekörnern, deren Chromatophor sich verschoben hatte, die größte Zahl der im Laufe weiterer Tage entstehenden Schichten feststellte.

Am Tage assimiliert das Blatt des Stecklings und sendet reichlich Zucker zu den Chromatophoren; die Folge davon ist, daß das Chromatophor reichlich Stärkesubstanzen bildet, das Wachstum der Schicht regelmäßig fortschreitet; es entsteht so eine dicke dichte Schicht. Des Nachts tritt Mangel an Zucker ein, wenn nicht partielle Lösung der Schicht erfolgt, so erfolgt doch jedenfalls unregelmäßigeres, schwaches Wachstum der Trichite; es entsteht eine Schicht und diese wird locker und dünn.

Wenn nun ferner die innere Lösung der Trichite durch Diastase bei der Schichtenbildung keine direkte Rolle spielt, so bewirkt sie doch höchstwahrscheinlich ein Poröserwerden aller Schichten derjenigen Stärkekörner, welche lange Zeit in Lösung begriffen sind. Er bewahrte einen Teil einer Kartoffel in Chloroformwasser auf, ließ den Rest aber keimen. Die Stärkekörner in diesem waren deutlich schwächer lichtbrechend als in jenem. Nun braucht nicht geschlossen zu werden, daß dies allein die Ursache ist, daß die Schichten im Inneren und im Zentrum lockerer bei den meisten Stärkekörnern sind, vielmehr wird dazu viel stärker beitragen, daß sie die ältesten Schichten sind, auf die die Lösungswirkung am längsten währte und welche in ihrer Jugend überhaupt unter ungünstigen Verhältnissen wuchsen, weil das Bedürfnis der treibenden Teile der Pflanze damals viel stärker war nach Baustoffen für neue Zellen als nach der Reife z. B. der Gerste hin, wo die äußeren Schichten der Stärkekörner sich bildeten. Deshalb sind auch die Stärkekörner, deren Zentrum relativ spät angelegt wurde, d. h. die Kleinkörner z. B. des Gersten-Mehlkörpers im allgemeinen dichter gebaut.

Es ist also im Allgemeinen nach Arthur Meyer die Form der Schichtung eines Stärkekornes, welches in einem bestimmten Momente seines Wachstums

beobachtet wird, entweder allein von den während eines kontinuierlichen Wachstums vorgekommenen Schwankungen in der Zufuhr des Kristallisationsmaterials und der Form, welche die Mutterlauge, das Chromatophor, während des Wachstums besagt, oder von diesen Faktoren und den durch die Lösung periodisch und mehr oder weniger oft hervorgebrachten Formveränderungen des Stärkekorns abhängig.

Inwieweit die chemische Beschaffenheit bei der Schichtenbildung eine Rolle spielt, ist zur Zeit noch nicht mit Sicherheit zu sagen. Arthur Meyer vermutet, daß die dichteren Schichten meist relativ reich an α-Amylose sind, daß in den lockersten Schichten das Amylodextrin am reichlichsten auftritt.

Die chemische Zusammensetzung.

Das Stärkekorn ist kein reines chemisches Individuum, sondern ein kompliziertes Gebilde, in welchem sich außer Kohlehydraten regelmäßig Zellulose, Proteinkörper, Amide, Fette und Aschebestandteile befinden, die nicht als Verunreinigungen des Stärkekornes angesehen werden können. Kohlehydrate sind organische Verbindungen aus Sauerstoff (O), Wasserstoff (H) und Kohlenstoff (C), welche die beiden ersten Elemente in dem Verhältnis enthalten, in welchem sie im Wasser (H_2O) vorkommen.

Die wasserfreie Zusammensetzung verschiedener Handelsstärken wurde gefunden

			Stärkestoff	Eiweißstoff	Faser, Fett usw.	Asche
von Maercker	in	Kartoffelstärke . .	98,98	0,28	0,34	0,40
von Maercker	„	Weizenstärke . .	97,65	0,38	1,69	0,28
von Saare	„	Maisstärke . . .	98,85	0,65	0,20	0,30
von Toth	„	Reisstärke . . .	97,30	1,58	0,50	0,62

Der Stärkestoff selbst ist der Gegenstand vieler Untersuchungen gewesen und auch zur Zeit sind namhafte Forscher mit dem Studium der Stärkesubstanz eifrig beschäftigt.

Die Anschauung, daß der Stärkestoff ein Gemenge ist, wurde zuerst von Th. Saussure ausgesprochen. Nach Nägeli bestehen die Stärkekörner aus zwei Bestandteilen, von welchen der eine, Granulose, beim Kochen mit Wasser, verdünnten Säuren und durch Einwirkung von Enzymen löslich ist, während der andere, Amylozellulose, unlöslich zurückbleibt. Die Granulose macht den größten Teil des Kornes aus, die Amylozellulose ist nur zu 3—4% vom Gesamtgewicht der Stärke vorhanden. Die Granulose unterscheidet sich von der Amylozellulose dadurch, daß erstere durch Jod blau, letztere gelb gefärbt wird; wirkt Jod aber bei Gegenwart von Schwefelsäure auf Amylozellulose ein, so tritt gleichfalls eine Blaufärbung ein. Nägeli hat die Amylzellulose zuerst Stärkezellulose genannt, weil er sie stofflich gleichbedeutend mit der Pflanzenzellulose hielt. Nachdem aber Mohl und andere nachgewiesen hatten, daß die Eigenschaften beider nicht gleich sind, nannte er sie Amylozellulose. Nach Liebig, Salomon und Tollens ist die Formel für Stärke $C_6H_{10}O_5$, nach Musculus, Sachse und Nägeli entspricht sie der Formel $C_{12}H_{20}O_{10}$, oder $C_{18}H_{30}O_{15}$ oder $C_{36}H_{62}O_{31}$. Arthur Meyer hält die Stärke für eine im wesentlichen einheitliche Substanz, bestehend

aus der sogenannten Amylose und geringen Mengen Amylodextrin. Die Amylose ist in zwei physikalisch verschiedenen Modifikationen vorhanden, der sogenannten β-Amylose, welche mit Wasser von 100° C. flüssig wird, und der α-Amylose, die bei 100° C. in Flocken zurückbleibt, aber beim Kochen unter Druck gelöst und in β-Amylose verwandelt wird. Nach den Untersuchungen Arthur Meyers ist die β-Amylose in einem normalen Stärkekorn vorherrschend, α-Amylose nur in geringer Menge vorhanden. Er fand α-Amylose in der Kartoffelstärke von 0,6—1%, in der Weizenstärke 1,5%, in der Maisstärke 1,0% und in der Reisstärke 0,9%. Um die Zusammensetzung des Stärkestoffes klarzulegen, ist von den meisten Forschern die Tätigkeit der Stärke, mehr oder weniger beständig Kleister zu bilden, und der Prozeß der Hydrolyse (Diastase, Säure) zu Rate gezogen; eine völlig befriedigende Lösung ist bisher jedoch nicht erbracht worden.

Nach Arthur Meyer geht die Kleisterbildung in der Weise vor sich, daß durch Erwärmen der Stärke bis auf 100° C. die α-Amylose unverändert bleibt, die β-Amylose aber Wasser aufnimmt und Tröpfchen bildet, welche das Korn zum Aufquellen bringen und in eine zähflüssige, klebende Masse verwandeln.

Nach Payen wird das Stärkemolekül bei dem Stärkeabbau, das ist die Einwirkung von verdünnten Säuren oder Enzymen auf Stärke, in einfachere Dextrinmoleküle gespalten, und diese verfallen unter Wasseraufnahme in Dextrose.

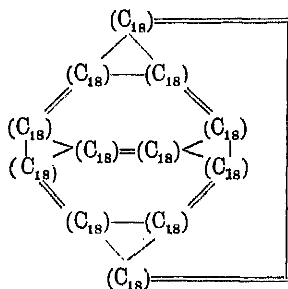
Nach Musculus erfolgt die Dextrin- und Dextrosebildung gleichzeitig.

Schübler und Mittelmeier erklären das Stärkemolekül als aus einer nicht bekannten Anzahl von Glykosegruppen bestehend, welche durch Monocarbonyl- (<o oder o>) und einer Dicarbonylbindung (<o>) miteinander verbunden sind. Sie stellten folgende Formel auf: $C_6H_{11}O_5 < O \ldots C_6H_{10}O_4 < O > C_6H_{10}O_4 \ldots O > C_6H_{11}O_5$, oder $C_{12}H_{21}O_{10} < O \ldots C_{12}H_{20}O_9 < O > C_{12}H_{20}O_9 \ldots O > C_{12}H_{21}O_{10}$.

Brown und Millar nehmen an, daß im Stärkemolekül fünf sogenannte Amylingruppen sind, von denen durch diastatische Hydrolyse nur vier verzuckert werden, die fünfte bleibt als nichtreduzierendes beständiges Dextrin zurück. Für dieses Dextrin fanden sie die Molekulargröße der Formel $(C_{12}H_{20}O_{10})$ 20 entsprechend. Für das Stärkemolekül stellten sie die Formel $5\,[(C_{12}H_{20}O_{10})_{20}]$ auf.

Nach Lintner und Düll entstehen aus Amylodextrin glatt drei Moleküle Erytrodextrin, aus jedem Erytrodextrin wieder 3 Moleküle Achroodextrin und aus diesen Isomaltose resp. Maltose, und zwar entstehen aus 2 Molkülen Achroodextrin, Isomaltose und Maltose, das dritte Molekül Achroodextrin nimmt eine gegen Diastase widerstandsfähige Form an.

Nach Szniewski besteht die Kartoffelstärke aus vier Amylogenresten, die aus neun Glucoseresten zusammengesetzt sind, welche durch neun Monocarbonylbindungen miteinander verbunden sind. Ihre Formel ist $C_{216}H_{360}O_{180}$. Die Struktur des Stärkemolekül stellt er durch nachstehendes Formelbild in der Ebene dar:



Die Einzelstriche zwischen je drei Gruppen (C_{18}) bedeuten die einen Dextrinring schließenden β-Karbinolbindungen, die Doppelstriche zwischen je zwei benachbarten Gruppen (C_{18}) sollen zwei Karbinolbindungen und zwar eine d-Karbinol- und eine m-Karbinolbindung vorstellen.

Sznienski hält es für denkbar, daß die Moleküle anderer Stärkearten analog, aber aus einer anderen Anzahl von Amylogenresten zusammengesetzt sind.

Nach Maquenne kann die Zusammensetzung der Stärke als hydrolysierbares Kohlehydrat genau nur wiedergegeben werden durch den Ausdruck $(C_6H_{12}O_6)n-(n-)H_2O$ oder $(C_6H_{10}O_5)n\,H_2O$, aus dem man das Wassermolekül nicht wegnehmen kann, ohne gleichzeitig das ganze Gebäude in Trümmer zu legen. Daß das Wassermolekül bei der Analyse entgeht, liegt daran, daß der Wert n sehr groß ist und das Wassermolekül nicht ins Gewicht fällt. Den Wert des Koeffizienten n zu bestimmen ist aber nicht möglich und daher kann man über die wahre Formel der Stärke und ihrer Abkömmlinge absolut nichts wissen. Das einzige Positive, das man von ihnen in chemischer Beziehung weiß, ist die Tatsache, daß sie sich alle bei der Hydrolyse lösen, zumeist zu Maltose $C_{12}H_{22}O_{11}$, dann zu Dextroglykose $C_6H_{12}O_6$. Wie Skraup richtig bemerkt hat, liegt hierin ein wesentlicher Unterschied zwischen der Stärkesubstanz und der Zellulose, welche bei der Hydrolyse die der Maltose isomere Zellose liefert. Leiten sich daher Stärke und Zellose von der gleichen Stammform her, der gewöhnlichen Glykose, so trennen sie sich im Augenblick der Kondensation dieses Zuckers, sobald in der oben angeführten allgemeinen Formel der Koeffizient $n = 2$ wird. Es ist nach Maquenne ein Grundfehler, vor dem man sich hüten sollte, die Größe der Stärkemoleküle und des daraus gebildeten Dextrins zu messen. Ebensowenig wie die Rohfette, die wir aus pflanzlichen und tierischen Organen ausziehen, hat die Stärke ein wohlbestimmtes Molekulargewicht, weil sie eben wie die Fette, ein Komplex ist, ein Gemenge homologer, wahrscheinlich sehr zahlreicher Körper, die sich sicher alle unterscheiden durch die Größe des Koeffizienten n, welche ihren Kondensationsgrad bezeichnet. Die von O'Sullivan, Brown und Morris ausgesprochene Ansicht, nach welcher die diastatische Verzuckerung des Stärkekleisters sich durch Spaltung des Stärkemoleküles in Maltose und Dextrin vollzieht, wobei sich noch Zwischenprodukte von Maltose und Dextrin bilden sollen, deren Entstehung von der Temperatur abhängt, die Ansicht, daß die vermeintliche Hemmung der Verzuckerung bei niedriger Temperatur durch die mehr oder weniger kompakte Bildung

der Schichten durch das Stärkekorn erklärt werden müsse, weswegen die Schichten von der Diastase auch mehr oder weniger durchdringbar sind, ferner die Annahme von dem Vorhandensein einer wirklichen Grenze bei der Verzuckerung, welche ähnlich wie bei der Verseifung der Äther ihre Ursache hat in einer Anhäufung der Verzuckerungsprodukte erklärt Maquenne für irrig oder ungenau. Auf Grund seiner in Gemeinschaft mit Roux ausgeführten Untersuchungen über die Zusammensetzung, die Verzuckerung und Rückbildung des Stärkekleisters besteht die Stärke einzig und allein aus Maltosanen, und zwar annähernd aus 80—85% Amylose und 15—20% Amylopektin. Die Amylose ist identisch mit der Amylozellulose anderer Forscher, sie besteht aus einem komplexen Gemenge, dessen verschiedene Stufen sich durch ihre mehr oder weniger große Löslichkeit in Wasser, kochendem oder überhitztem, unterscheiden. Die löslichen Stärken sind Abarten von Amylosen. Die Amylose ist in alkalischen Flüssigkeiten löslich, liefert niemals Kleister, läßt sich nur nach vorheriger Lösung von Diastase verzuckern und liefert mit Jod eine intensivere Blaufärbung als die Gesamtstärke, deren sämtliche mikroskopische Eigenschaften sie besitzt. Das Amylopektin ist ein gelatinöser Körper, unlöslich in Wasser und Kalilauge, verflüssigt sich mit Diastase schnell und scheint sich mit Jod nicht zu färben.

Maquennes und Roux' Untersuchungen liegen einem Vortrage zufolge, den Maquenne vor der Chemischen Gesellschaft zu Paris gehalten hat, der im Bulletin de la Société Chimique de Paris erschienen und von W. Windisch in der Wochenschrift für Brauerei übersetzt ist, etwa 9 Jahre zurück; bei Gelegenheit der Verflüssigung eines Stärkekleisters mit Salizylsäure konnte Maquenne beobachten, daß sich beim Erkalten der Flüssigkeiten gleichzeitig mit den Salizylsäurekristallen eine amorphe Substanz zu Boden setzt, die nach dem Auswaschen mit Wasser und Alkohol sich mit Jod orangerot färbt und von kochender verdünnter Schwefelsäure nur schwer gelöst wird.

Er hatte das Studium dieses im großen auf diese Weise schwer zu erhaltenden Niederschlages aufgegeben, als er rein zufällig seine spontane Bildung in altem Kleister beobachtete; es war dies die erste Beobachtung des Vorganges, den er als Rückbildung bezeichnete und der der wahre Ausgangspunkt seiner und Roux' systematischen Studien bildete.

Die Rückbildung des Stärkekleisters ist die Rückkehr der gelösten Stärke zum unlöslichen Zustand im Augenblick ihrer Bereitung; sie macht sich bemerkbar durch die Bildung von Körnchen, die sich allmählich zusammenziehen und schließlich in der klaren Flüssigkeit zu Boden gehen. Dieses leicht auf einem Filter zu sammelnde Koagulum ist in kochendem Wasser kaum noch löslich. Die Diastase greift es nur noch zum Teil an; es bleibt dabei noch ein beträchtlicher Rückstand, der sich mit Jod nicht färbt; Schwefelsäure hydrolisiert es langsam und bildet dabei, wie mit gewöhnlicher Stärke, Dextrose. Lauge dagegen löst es augenblicklich auf zu einer klaren Flüssigkeit, die sich nach erfolgter Neutralisation mit Jod intensiv blau färbt und sich mit Diastase von neuem in Maltose überführen läßt.

Diese Eigentümlichkeiten sind genau die, welche Guérin-Varry, dann Brown

und Heron dem Amidin oder der Amylozellulose beigelegt hatten; das Produkt ist also nicht neu; während aber diese Forscher davon nur 3—4 % der Stärke fanden, fanden Maquenne und Roux etwa 33⅓ %. Es handelt sich also nicht mehr um eine Verunreinigung der Stärke, wie man früher glaubte, wohl aber um eine Substanz, die eine wichtige Rolle bei ihren Reaktionen spielen soll; diese einzige Tatsache genügt, um alle Theorien bezüglich der Struktur des natürlichen Stärkekornes über den Haufen zu werfen: die Geschichte dieser Substanz war wieder ganz von vorn anzufangen.

Als sie nach den Ursachen forschten, die der Rückbildung zu Grunde lagen, sahen sie, daß eine Menge Einflüsse sich geltend machen. Die Zeit, die Kälte, mäßiger Zusatz einer Säure erhöhen unter sonst gleichen Verhältnissen die Menge der gebildeten Amylozellulose; die Alkalien, in wachsender Menge zugesetzt, wirken zunächst in günstigem Sinne; dann verzögern und verhindern sie die Rückbildung: der Grund dafür ist der, daß die Amylozellulose in diesen Reagentien löslich ist.

Wolff und Fernbach haben andererseits erkannt, daß die Rückbildung außerordentlich begünstigt wird durch ein besonderes Enzym, die Amylokoagulase, die sich im Grünmalz und in einer großen Anzahl von Pflanzenorganen vorfindet.

Mit Hilfe dieses Enzyms kann man in einer halben Stunde ebensoviel Amylozellulose erhalten als durch achttägiges Stehen in der Kälte.

Es handelt sich hier also um eine ganz allgemeine Erscheinung, die man bei allen Arten natürlicher Stärke beobachten kann. Wie aber ist ihr Mechanismus und welcher Zusammenhang besteht zwischen der eigentlichen Stärke und dieser Amylozellulose, die ihr auf den ersten Blick so wenig ähnelt? Findet sie sich schon in der natürlichen Stärke oder geht sie hervor aus einer tieferen Kondensation des Stärkemoleküls? Um diese Fragen zu beantworten, bedurfte es eines eingehenden Studiums der Amylozellulose.

Die Amylozellulose, welchen Ursprungs sie auch sei, ist kaum im Wasser löslich, selbst bei 120°; jedoch nimmt sie allmählich beim bloßen Stehen an der feuchten Luft die Eigenschaft an, sich mit Jod blau zu färben. Bei 150° löst sie sich ziemlich schnell und liefert eine fast klare Lösung, die sich schnell filtrieren läßt. Die Flüssigkeit färbt sich nun mit Jod intensiv blau; sie läßt aber beim Erkalten alsbald wieder ein weißes Pulver fallen, das in allen Punkten, besonders in seinem Aussehen und Verhalten gegen Jodwasser, den natürlichen Stärken gleicht. Die Ähnlichkeit ist so groß, daß ein Spezialist, Collin, ihnen erklärte, daß er, wenn er von ihnen nicht näher unterrichtet worden wäre, lediglich auf Grund der mikroskopischen Prüfung, dieses Pulver als eine natürliche Stärke aus der Familie des Reises, Buchweizens oder Taumellolches gehalten hätte; sie haben es künstliche Stärke genannt. Dieser Körper unterscheide sich also kurz von den natürlichen Stärken: er löst sich restlos in Kalilauge, ohne vorher zu quellen, und bildet mit kochendem Wasser keinen Kleister.

Abgesehen von diesen Unterschieden herrscht zwischen den beiden Produkten vollkommene Übereinstimmung, und da die künstliche Stärke schließlich weiter

nichts ist als gereinigte Amylozellulose, so sind sie im Recht, zu sagen, daß diese in der ursprünglichen Stärke bereits vorgebildet war. Fand sie sich aber darin in ebenso großer Menge, und nimmt ihre Menge während der Rückbildung des Kleisters und bei der schließlichen Erhitzung des Rückstandes in Wasser auf 150° nicht zu? Diese Frage beantwortet die Tatsache, daß man bei der Wiederholung der nämlichen Versuche mit künstlicher Stärke niemals ein Produkt erhält, das weniger löslich ist als das angewandte; im Gegenteil: die Hitze bewirkt bei öfterer Wiederholung und längerer Dauer eine beginnende Hydrolyse, die die künstliche Stärke bei jeder Behandlung löslicher macht, derart, daß sie sich schließlich in Dextrine verwandelt, dann in reduzierende Zucker, aus denen sie nicht wieder regeneriert werden kann.

Wenn die Rückbildung der künstlichen Stärke ihren Kondensationszustand nicht ändert, so muß er in der natürlichen Stärke der gleiche sein, und der Ertrag an Amylozellulose, den die Verzuckerung eines alten Kleisters liefert, ist etwas kleiner, als es der Wirklichkeit entspricht.

Auf diese Weise bildet also die Amylozellulose den Hauptbestandteil des Stärkekornes, woraus sich ihrer Meinung nach ergibt, daß ihr Name aus der chemischen Literatur zu löschen ist: sie nennen sie in Zukunft daher Amylose, eine Bezeichnung, deren Sinn ihrer Ansicht nach sofort verständlich, und die außerordentlich viel genauer ist.

Die künstliche Stärke ist für sie eine reine Amylose, und ihre Methode der Darstellung ist angeblich die einzige, die es gestattet, sie in dieser Form zu erhalten. Die einzigen bereits studierten Körper, die sich ihr nähern, sind die sogenannten löslichen Stärken, Körper, die viel weiter abgebaut sind, da sie sich in kochendem Wasser lösen. Diese löslichen Stärken gehören nicht weniger zur gleichen Familie wie die künstlichen Stärken; sie sind wie diese untrennbare Gemenge von mehr oder weniger kondensierten Amylosen; und da diese Produkte alle komplexe sind, so variieren ihre Eigenschaften derart, daß es fast unmöglich ist, mit Sicherheit eine künstliche Stärke zu erhalten, die löslich oder unlöslich ist in heißem Wasser, die identisch sei mit einem gegebenen Typus.

Wie bereits erwähnt, gibt die künstliche Stärke niemals Kleister, weder mit Wasser allein, noch mit Lauge, die sie vollständig auflöst; es muß also in der natürlichen Stärke außer der Amylose noch etwas sein, das sie unter den bekannten Umständen schleimig und teilweise unlöslich macht in Alkalien. Auf Grund dieser Eigenschaften haben sie diese Substanz Amylopektin genannt. Also nur der Amylose verdankt die Stärke ihre saueren Eigenschaften, die seit langem bereits von vielen Forschern festgestellt worden und die neuerdings Demoussy einem eingehenden Studium unterzogen hat.

Bislang konnten sie das Amylopektin noch nicht isolieren, weil der Kleister nicht filtrierbar ist, weil er sich nicht zentrifugieren läßt, und weil die auf ihn wirkenden Reagentien ihn sofort verflüssigen, d. h. das Amylopektin in eine Form überführen, die seine Trennung von der Amylose nicht mehr zuläßt. Nur aus diesem Grunde kann die Trennung der Amylose ermöglicht werden. Wenn man Stärke mit Wasser kochen läßt, so löst sich die darin enthaltene Amylose wahr-

scheinlich ganz; das Amylopektin quillt auf und wird kleisterig. Dann scheiden sich in der Ruhe die in der Kälte wenig löslichen Amylosen aus, indem sie mit dem Amylopektin die charakteristischen Körnchen des rückgebildeten Stärkekleisters bilden. Es ist das eine richtige „konfuse“ Kristallisation, die in der Masse vor sich geht; aber die festgewordene Amylose ist infolge der Zustandsveränderung gegen Diastase widerstandsfähig geworden, derart, daß sie übrig bleibt, wenn man das Ganze verzuckert, befreit von dem größten Teil des Amylopektins und von allen bei Verzuckerungstemperatur löslichen Substanzen.

Unter gewöhnlichen Bedingungen ist die Rückbildung des Stärkekleisters langsam, wegen der Zähflüssigkeit des Mediums, in dem sie stattfindet; sie verläuft rascher, wenn man die Zähflüssigkeit durch irgend ein Mittel vermindert, z. B. durch Einwirkung einer Säure oder durch auf 80° erhitzte Diastase oder durch Amylokoagulose. Fernbach und Wolff haben auf diese Einflüsse, die sie besonders studiert haben, mit Recht zu wiederholten Malen hingewiesen.

Wenn man die reine Amylose ein zweites Mal der gleichen Behandlung unterwirft, so erleidet sie abermals Rückbildung, es scheidet sich aber kein Koagulum mehr aus, sondern ein dem Ausgangsprodukt ähnliches oder leicht abgebautes Pulver, das von Diastase erst angegriffen wird, nachdem es mit Wasser unter Druck aufgeschlossen worden ist, ein außerordentlich einfacher Vorgang, der sich in nichts von der Kristallisation des Inulins unterscheidet, das in der Wärme löslich, in der Kälte unlöslich ist. Wenn andererseits die Amylose im Verhältnis zur Diastase ist, was das Inulin gegenüber der Lävulose ist, so ist es nicht erstaunlich, daß diese beiden Körper in reinem Zustande Eigenschaften der nämlichen Art aufweisen.

Wenn es bis heute unmöglich ist, das Amylopektin zu isolieren, so kann man doch auf einige seiner Eigenschaften schließen aus dem Vergleich der künstlichen Stärke mit der natürlichen. Alle Unterschiede zwischen diesen beiden müssen auf das Amylopektin zurückgeführt werden, ebenso wie jede gemeinsame Eigenschaft auf die beiden gemeinsame Amylose entfällt.

Unter den Unterschieden ist einer besonders interessant; die Amylose der natürlichen Stärke ist in kochendem Wasser gänzlich löslich, da der frische Kleister mit Malzauszug klare Verzuckerungsflüssigkeiten liefert und da sein Brechungsindex fast gleich ist demjenigen einer gleich starken Dextrinlösung. Warum also löst sich die künstliche Stärke nun erst unter Druck bei etwa 150°? Weil es sich im letzteren Falle infolge der oben beschriebenen Darstellungsweise nur um sehr weitgehend kondensierte, d. h. wenig lösliche Amylosen handelt, während im ersteren Falle diese selben Amylosen begleitet sind von niederen Homologen, die viel leichter löslich sind und ihrerseits die Stelle von Lösungsmitteln spielen, nach Art der eutektischen Mischung oder „festen Lösung“, wie man sie oft in pflanzlichen und tierischen Organismen antrifft.

Einen weiteren Unterschied kann man noch beobachten, wenn man im Kalorimeter die Färbungen vergleicht, die die gleiche Jodmenge mit gleich konzentrierten Lösungen von Stärke und reiner Amylose hervorbringt, die beide gleichlange der Temperatur von 150° unterworfen waren. Die Färbung der Amylose

ist um ein Viertel stärker als die der Stärke. Diese enthält also etwa ein Fünftel sich mit Jod nicht färbende Substanz. Ist das ein vorgebildetes Dextrin, ist es ein aus der Überhitzung der Stärke hervorgegangenes Abbauprodukt, ist es schließlich die Anwesenheit des Amylopektins, das diese Wirkung hervorbringt? Bestimmtes ist nicht zu sagen; auf jeden Fall ist diese letzte Annahme nicht unwahrscheinlich, und bis man etwas Besseres weiß, kann man sie schon als zutreffend annehmen, um so mehr, als das Überhitzen des Kleisters auf 120—150° keinen Einfluß ausübt auf die Menge der Maltose, die sie im Verlaufe seiner schließlichen Verzuckerung bildet.

Aber noch anders läßt sich aus dem Studium des Verzuckerungsprozesses schließen. Dieser Gegenstand ist bei den Untersuchungen über die Stärke am intensivsten in Angriff genommen worden, aber man findet hier, mehr als vielleicht irgend wo anders, nur zerstreute, ungenaue, meistens nicht kontrollierbare Mitteilungen, weil die Verfasser sie machen ohne Angabe der Umstände, unter denen sie gearbeitet haben, so daß keine bündigen Schlüsse daraus gezogen werden können.

Die Frage der diastatischen Verzuckerung war von neuem aufzurollen; sie haben sie in systematischer Weise aufgenommen in der Hoffnung, einige neue Bestätigungen ihrer Theorie hierbei zu finden.

Man wußte bereits, und das ist eine genau festgestellte Tatsache, daß die lösende Wirkung der Diastase auf Stärkekleister unabhängig ist von der eigentlichen Verzuckerung: gewisse Auszüge verflüssigen besser als sie verzuckern; das trifft zu auf Auszüge, die auf eine bestimmt hohe Temperatur erhitzt worden waren; andere, wie die aus der nicht gekeimten Gerste, verzuckern den Kleister, fast ohne ihn zu verflüssigen, ein neuer Beweis dafür, nebenbei gesagt, daß der Schleimanteil verschieden ist von der Amylose. Seit O'Sullivan, Brown und Morris und anderen nahm man an — und diese Annahme ist ihrer Meinung nach absolut falsch —, daß die Verzuckerung beschränkt sei auf etwa vier Fünftel der angewandten Stärke; der Rest bestehe aus Dextrinen, die durch eine neue Behandlung mit Malzauszug nur schwer und zum Teil angegriffen würden. Endlich hatten Kjeldahl und nach ihm Effront gezeigt, daß die Anwesenheit einer bestimmten Menge einer starken Säure, einer Ameisensäure oder eines Amides von der Art des Asparagins oder Glykokolls in weitgehendem Maße die Bildung der Maltose begünstige. Auf diese verschiedenen Punkte haben sich ihre Untersuchungen erstreckt.

Sie haben zunächst erkannt, daß der Malzauszug, wie man ihn gewöhnlich bereitet, indem man Malzschrot mit kaltem, destilliertem Wasser einteigt, ein außerordentlich trügerisches Reagens ist, wenn man ihn unterschiedslos anwendet. Seine Wirksamkeit gegen Stärke wechselt von einem Augenblick zum andern, derart, daß zwei mit dem gleichen Auszug durchgeführte Versuche nur dann wirklich vergleichbar sind, wenn man sie zu gleicher Zeit beginnt. Zwei Stunden genügen, um die Flüssigkeit wirksamer zu machen, als sie es bei der Filtration ist; bewahrt man den Auszug bei gewöhnlicher Temperatur bei Gegenwart von Toluol eine Woche oder einen Monat auf, so liefert er in 24 Stunden bei 50° 100—103%

Maltose vom Gewicht der in Arbeit genommenen Stärke, während er zu Beginn nur 90 % lieferte. Zu gleicher Zeit wird er selbst reicher an Zucker durch die Hydrolyse der darin gelösten Dextrine. Diese fortgesetzte Tätigkeit im Malzauszug, die sich von selbst vollzieht und die aus dem Auszug fast eine lebende Substanz macht, erklärt es, warum manche Forscher behaupten, daß es gut sei, das Malzschrot vor der Filtration lange einzuteigen; es findet dabei wahrscheinlich eine langsame Proteolyse des Malzes statt, die eine Spaltung der in Lösung befindlichen Zymogene bewirkt. Was aber auch die wirkliche Ursache sei, diese innere Arbeit hat ein Wachstum der Diastasemenge zur Folge und damit eine Erhöhung der Verzuckerung des Stärkekleisters; sie haben dem Vorgang daher den Namen „Selbstreizung" beigelegt.

Die Selbstreizung des Malzauszuges findet ebenso in der Kälte wie in der Wärme statt; ihre Wirkung findet aber zum Teil ihr Gegengewicht in der zerstörenden Wirkung der Wärme, die sie auf die Dauer ganz aufhebt; ein ähnliches kann man beobachten, wenn man mit Malzauszug arbeitet, der bei 60° im geschlossenen Gefäß gehalten wird: nach einigen Stunden erreicht seine Wirksamkeit ein Maximum, dann nimmt er unbegrenzt ab, ohne wieder auf die ursprüngliche Stärke gebracht werden zu können.

Eine ganz ähnliche Selbstreizung, allerdings eine plötzliche, findet statt, wenn man eine gewisse Menge starker Säure dem Malzauszug hinzufügt. Kjeldahl, der diese Tatsache zum erstenmal mitteilte, hatte nichts gesagt über die günstigsten Säuremengen; sie haben gefunden, daß zur Erreichung der Höchstgeschwindigkeit für die Lösung und die Höchstmenge an Maltose es nötig ist, den stets alkalischen Kleister in den Zustand vollkommener Neutralität zu bringen gegen Orangerot Poirrier Nr. 3 und dann, je nach den Umständen, zu einem Drittel bis zwei Fünfteln zu neutralisieren. Diese praktische Regel wurde bestätigt bei der Kartoffelstärke und den verschiedenen Stärken von Getreiden und Wurzeln, z. B. Weizen-, Mais-, Reis-, Erbsen- und Maniokstärke. Es ist deshalb eine allgemeine Regel, die ihnen sehr oft gute Dienste getan hat; sie nannten sie die Regel der „günstigsten Reaktionen".

Bemerkenswert ist ferner noch, daß die von Schwefelsäure oder Salzsäure bewirkte Selbstreizung ganz außerordentlich stark ist beim Arbeiten mit einem eigentlichen Stärkekleister, dagegen nur sehr gering beim Arbeiten mit einem eiweißreichen Mehl, dessen Eiweißstoffe durch Proteolyse in aktivierende Amidosäuren verwandelt werden.

Da die Wirkung der Säuren der der Zeit ähnlich scheint, können sie damit erklärt werden, daß diese Körper die Bildung eines Gleichgewichtszustandes begünstigen, der sich sonst von selbst einstellt. Die hervorgerufene Reizung und die Selbstreizung des Malzauszuges haben also eine und dieselbe Ursache, wie sie auch geartet sei; sie unterscheiden sich nur in ihrer Geschwindigkeit, die im ersteren Falle sehr groß und im zweiten sehr langsam ist. Ihr Bestehen zeigt außerdem, daß ein guter Malzauszug nicht etwa ein frisch bereiteter, sondern vielmehr ein abgestandener Auszug ist, in welchem alle umwandelbaren Elemente aufgehört haben, aufeinander zu wirken und sich in Gleichgewichtzustand gesetzt haben.

Zu vergessen ist dabei aber nicht, daß die durch die Säuren bewirkte Reizung, im Gegensatz zu der spontanen Reizung, einen merklichen Übelstand aufweist, besonders wenn man bei etwas höheren Temperaturen arbeitet: die in einem weniger stark alkalischen Medium reichlicher gewordene Diastase ist weniger beständig als gewöhnlich und zerstört sich schneller; daher die Notwendigkeit, rascher zu arbeiten.

Die der Selbstreizung unterworfen gewesenen Malzauszüge sind noch empfindlich gegen die künstliche Reizung, jedoch nur innerhalb der Grenze, innerhalb der die Summe der beiden Wirkungen der theoretischen Menge Maltose entsprechen würde, die etwa 105,5% der reinen trocknen Stärke entspricht.

In der Tat haben sie in 24 Stunden 103,4% Maltose erhalten bei der Verzuckerung eines 2prozentigen Stärkekleisters bei der „günstigsten Reaktion" durch einen Malzauszug, der aseptisch in der Kälte acht Tage gestanden hatte. Das ist ein Ergebnis, das man vor ihnen niemals hat erhalten können innerhalb der gleichen Zeit; es ist in ihren Augen von der größten Wichtigkeit, denn es zeigt, daß die Rohstärke, und damit alle ihre Bestandteile, die sie ausmachen: Amylose, Amylopektin und andere, restlos in Maltose umgewandelt werden können.

Die Stärke besteht daher einzig und allein aus Maltosanen; es ist das ein absolut neues Faktum.

Es ist übrigens nicht nötig, daß man einen bis zum äußersten gereizten Malzauszug benutzt, um zu diesem Schluß zu kommen; die Selbstreizung vollzieht sich während der Verzuckerung selbst, dergestalt, daß es genügt, den Angriff auf die Stärke, selbstverständlich unter antiseptischen Bedingungen zu verlängern, um hohe Maltoseausbeuten zu erzielen. Effront hatte schon die Bildung von 96% Maltose beobachtet innerhalb 3—4 Tagen, indem er dem Verzuckerungsgemisch Fluorammonium zufügte; sie kamen zur gleichen Zahl und sie übertrafen die Zahl noch oft, wenn sie an Stelle des Fluorammoniums das bequemere Toluol nahmen.

Es ist deshalb sehr sicher, daß der Stärkekleister vollständig umgewandelt werden kann; man muß nun diese Tatsache mit der landläufigen Anschauung in Einklang bringen, daß die Diastase das Stärkemolekül in Maltose und Dextrin spalte, dessen Gegenwart den Fortschritt der Verzuckerung hemme.

Zur Lösung dieser Frage hat man nur den Maltosegehalt zu verschiedenen Zeiten im Verzuckerungsgemisch zu bestimmen, um auf diese Weise seine Verzuckerungsgeschwindigkeit festzustellen; man findet so, daß bei einem normalen Verzuckerungsgemisch die Reaktion in zwei wohl unterschiedenen Phasen verläuft: die eine äußerst schnell, sie dauert nur einige Stunden; die andere langsam, sie ist selbst nach viertägigem Verzuckern bei 50° C. noch nicht beendet. Einzig und allein diese erste Phase hat die Aufmerksamkeit der älteren Forscher erweckt, und da sie 80—85% der Ausgangsstärke erreicht, so ist es erklärlich, warum jene Forscher, die offenbar sehr ungeduldig waren, die Grenze der Verzuckerung bei vier Fünftel der theoretischen Ausbeute gesteckt haben.

Die zweite Phase, die der ersten schroff folgt, hat den gleichen Verlauf wie die Selbstreizung des Malzauszuges; diese ist also wahrscheinlich die Ursache von jener, derart, daß die Gleichungen von O'Sullivan und von Brown und

Morris zutreffend wären, wenn die Selbstreizung nicht wäre. Es ergeben sich daraus zwei Hauptschlußfolgerungen.

Wenn erstlich die Gesamtverzuckerung der Stärke nicht möglich wäre ohne Reizung der Diastase, einer natürlichen oder künstlichen, so müßte im Stärkekleister wenigstens eine von den Enzymen eines frischen Malzauszuges unangreifbare Substanz sein. Diese Substanz könnte nach ihrer Anschauung nur das Amylopektin sein, und die bei der Verzuckerung übrig bleibenden Dextrine könnten nur von seiner Verflüssigung herrühren.

Zweitens müßte das Enzym, das infolge der Reizung auftritt, verschieden sein von der Diastase, da es einen Körper angreift, der dieser widersteht. Man müßte also im gereizten Malzauszug ein neues Enzym von ganz bestimmter Funktion anerkennen, das im stande wäre, die durch die eigentliche Diastase begonnene Verzuckerung zu vollenden; es würde sich decken mit der alten Dextrinase von Wysmann und von Duclaux.

Diese Anschauungen sind zweifellos hypothetischer Natur; für den Augenblick aber scheinen sie besser wie jede andere Theorie die soeben besprochenen Tatsachen zu erklären; gleichzeitig bestätigen sie ihre Ansicht bezüglich der Zusammensetzung des Stärkekleisters, wofür sie noch einen weiteren Beweis bringen.

Die künstliche Stärke, die fast ausschließlich aus reiner Amylose besteht, wird in festem Zustand von Malzauszug nicht angegriffen, verwandelt sich aber mit Diastase restlos in Maltose, wenn sie vorher in überhitztem Wasser gelöst wurde. Hierin verhielt sie sich wie die natürliche Stärke; aber bei Betrachtung der beiden Kurven, die den Verzuckerungsverlauf bei beiden Körpern darstellen, sieht man, daß die natürliche Stärke in 5 Minuten 66,7%, in $^{1}/_{2}$ Stunde 76,9% und in 28 Stunden ungefähr 91% Maltose liefert; die künstliche Stärke gibt dagegen 94,4% bezw. 99,7%, bezw. 104,2%.

Die zweite Phase der Verzuckerung, die im ersten Fall so deutlich in die Erscheinung tritt, ist im zweiten Fall kaum noch sichtbar, und in keinem Augenblick sieht man dextrinähnliche Produkte auftreten, denn die Flüssigkeit liefert mit Alkohol keine Fällung mehr von dem Augenblick ab, in dem sie sich mit Jod nicht mehr blau färbt. Der Unterschied kann also nur durch den Schleimanteil des Kleisters verursacht werden, der bei der Amylose nicht mehr vorhanden ist. Es ist also das Amylopektin, das die gewöhnlichen Verzuckerungen am Schlusse verlangsamt.

Über das Mengenverhältnis der Bestandteile der Rohstärke wissen sie noch nichts Genaues, weil sie das Amylopektin noch nicht in Substanz von dem Kleister trennen konnten, und weil sie aus dem Kleister nur einen kleinen Teil der Amylose ausziehen konnten. Wenn man indes bedenkt, daß die erste Phase der Verzuckerung 80—85% der in Arbeit genommenen Stärke in Maltose überführt, daß reine Amylose in der gleichen Zeit 20% mehr Maltose aus der gleichen Menge Kartoffelstärke liefert, daß endlich die Intensität der Bläuung der künstlichen Stärke mit Jod die der natürlichen Stärke übertrifft, so kann man mit großer Wahrscheinlichkeit sagen, daß diese 80—85% Amylose und 15—20% Amylopektine in verschiedenen Kondensationsgraden enthält.

Wenn diese Zahlen auch nur annähernde sind, wenn die Körper, von denen gesprochen, auch manchem noch zweifelhaft erscheinen mögen, so unterscheiden sie sich doch erheblich von den Mengenverhältnissen, wie man sie früher annahm: 97% Granulose gegen 3% Amylozellulose, und der Gegensatz wird sonderbarerweise noch um so schlagender, wenn man sich erinnert, daß die Amylose und die früher angenommene Amylozellulose, die in diesen Gemischen figurieren, identisch sind.

Nach diesem sind von Maquenne und Roux experimentell folgende Punkte festgestellt:

1. Der Stärkekleister besteht im wesentlichen aus einer vollkommenen Lösung der Amylose, verdickt durch einen unlöslichen Schleim, dem sie den Namen Amylopektin gegeben haben.
2. Die im Kleister gelöste Amylose ist identisch mit der Amylozellulose älterer Forscher; sie setzt sich zusammen aus einem komplexen Gemenge, dessen verschiedene Stufen sich durch ihre mehr oder weniger große Löslichkeit in Wasser, kochendem oder überhitztem, unterscheiden.

   Die löslichen Stärken sind weiter nichts als Abarten von Amylosen, die hauptsächlich die unteren Stufen der Reihe in sich begreifen.

   Die Amylose macht zum wenigsten ein Fünftel der Gesamtstärke aus; in allen ihren Kondensationszuständen ist sie in alkalischen Flüssigkeiten löslich. Sie liefert niemals Kleister, sie läßt sich nur von Diastase verzuckern, wenn sie vorher gelöst worden ist, sie liefert endlich mit Jod eine intensivere Blaufärbung als die Gesamtstärke, deren sämtliche mikroskopische Eigenschaften sie besitzt.
3. Das Amylopektin ist ein gelatinöser Körper, unlöslich sowohl im Wasser, als auch in Kalilauge, verflüssigt sich schnell mit Diastase und scheint sich mit Jod nicht zu färben.
4. Der Kleister erleidet leicht Rückbildung, d. h. er geht leicht in den unlöslichen Zustand zurück, durch den das rohe Stärkekorn ausgezeichnet ist.

   Die Rückbildung rührt her von einer Ausfällung der Amylose, die der frische Kleister in Lösung enthält; man kann die Amylose vom gebildeten Koagulum trennen durch Diastase, die nur das Amylopektin löst.
5. Die Wirksamkeit des Malzauszuges wächst auf dem Wege der Selbstreizung oder einer künstlichen Reizung, d. h. durch Ruhe bei Gegenwart eines Antiseptikums oder durch beschränkten Zusatz einer starken Säure.

   Die günstigste Reaktion, die die Amylose am schnellsten aus dem Kleister verschwinden läßt und den Höchstbetrag an Maltose liefert, entspricht bei Gegenwart von Helianthin als Indikator einer Alkalinität ungefähr gleich drei Fünftel derjenigen des reinen in dem Verzuckerungsgemisch enthaltenen Malzauszuges.
6. Die diastatische Verzuckerung des Stärkekleisters ist nicht begrenzt; sie vollzieht sich in zwei scharf getrennten Phasen, deren eine rasch, deren andere langsam verläuft. Diese beiden Perioden folgen schroff aufeinander, wenn man einen normalen Malzauszug benutzt; sie verlaufen ineinander, wenn man einen natürlich oder künstlich gereizten Malzauszug verwendet.

Der Prozeß verläuft so, als ob die erste Periode der Verzuckerung der Amylose durch die gewöhnliche Malzdiastase entspricht und die zweite der Verzuckerung des Amylopektins durch ein besonderes Enzym, das sich bildet während der Reizung des Malzauszuges und zweifellos infolge seiner Proteolyse.

7. Die Verzuckerung der gereinigten Amylose geht vor sich ohne nachweisliche Bildung von Dextrinen. Diese sekundären Verzuckerungsprodukte des Kleisters scheinen demnach ganz aus der Lösung und unvollständigen Hydrolyse des Amylopektins herzurühren.

G. Malfitano deutet die Resultate Maquennes und anderer Forscher in der „Compt. rend." in einer Abhandlung: „Die Stärkesubstanz im Lichte unserer Kenntnisse über den kolloidalen Zustand" nach einer anderen Richtung: Er faßt unsere wesentlichen Kenntnisse über die Natur der Stärke wie folgt zusammen:

1. Die Stärkekörner und im allgemeinen alle stärkeartigen Materialien halten in kontinuierlicher Weise wechselnde Mengen Wasser zurück. Es ist indessen für die meisten davon möglich, einen genügend konstanten Punkt zu erreichen, bei einem gegebenen sehr schwachen Wasserdampfdruck.

2. Diese verschiedenen Stoffe (Stärken, Kartoffelstärke, Amylozellulosen, Amylosen, Amylopektine, Dextrine) bestehen fast ganz aus organischer Materie, deren prozentische Zusammensetzung bis zum konstanten Gewicht getrocknet, ausgedrückt werden kann durch die Formel $(C_6H_{10}O_5)n$. Die interessanten Versuche von Maquenne und Roux einerseits, Fernbach und Wolff andererseits, haben gezeigt, daß diese Materie vollständig in Maltose verwandelt werden kann unter der Einwirkung der Diastase.

3. Nicht nur in den natürlichen Stärkekörnern, sondern auch in allen davon herstammenden Produkten, die noch nicht zu Maltose geworden sind, enthalten Mineralsubstanzen. Fernbach hat gezeigt, daß die Stärke, trotz langen Mazerierens in Salzsäure eine bestimmbare Menge Phosphor enthält, die bis zu 0,2% P_2O_5 der Stärke ausmachen kann. Demoussy und Ford und Guthrie haben gezeigt, daß die Stärke Basen und Neutralsalze fixiert. Malfitano will zeigen, daß sie auch Säuren fixieren kann.

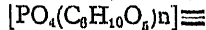
An diese Kenntnisse, die als definitive bezeichnet werden können, reihen sich unzählige Beobachtungen an über die Eigenschaften der verschiedenen Stärkestoffe in Lösung und über die Erscheinungen, die während der Verzuckerung Platz greifen. Aber alle experimentellen Unterlagen in dieser Beziehung bleiben seiner Ansicht nach ungenau, und die gegebenen Theorien sind oft in Widerspruch mit den Tatsachen. Das kommt seines Erachtens daher, daß man es verabsäumt hat, die Verbindungen zu studieren, die die organische Substanz in diesen Fällen mit der Mineralsubstanz verknüpfen, und weil man die Ideen, die die Molekularchemie beherrschen, zur Anwendung bringen wollte.

Nun war man bislang niemals im stande, mit einem dieser Körper, von der Stärke bis zum Dextrin vor der Endstation Maltose, molekulare Lösungen herzustellen. Diese müssen den wesentlichen Bedingungen entsprechen, daß sie

physikalische Konstanten haben, die als Funktion der Konzentration und in umkehrbarer Weise variieren. Im Gegenteil bilden alle diese Körper kolloidale Lösungen.

Nach der wahrscheinlichsten Theorie spricht man den kolloidalen Zustand als den von Systemen von Körnchen unlöslicher Substanzen an, die unfähig sind, sich frei in Moleküle aufzulösen; diese Körnchen können in der Flüssigkeitsmasse nur verteilt bleiben auf Grund der elektrischen Ladung, die ihr Jonen verleihen, mit denen sie aufs engste verknüpft sind.

Malfitano filtrierte durch Kollodiummembranen dünne Stärkelösungen, die vorher durch Papier filtriert waren, und konnte feststellen, daß die Stärkesubstanz aufs innigste verbunden ist mit Elektrolyten, alkalischen und erdalkalischen Phosphaten. Die Analysen sowohl, als auch die Art der Zersetzung dieser in Lösung befindlichen Stoffe zeigten, daß es sich nicht um gewöhnliche Verbindungen handelt, in denen die Stärke die Rolle der Säure oder der Base spielt, sondern um Mizelle, die er durch die folgende hypothetische Formel ausdrückt:



$$[PO_4(C_6H_{10}O_5)n]\equiv$$

d. h. es sind untätige Maltosanmoleküle in wechselnder Anzahl gruppiert um $PO_4\equiv$-Jonen und zurückgehalten durch die Anziehung, die diese ausüben. Diese Gruppierungen sind stets begleitet von den Gegenionen, deren Natur wechselt mit den freien Elektrolyten in der Lösung.

Die Gesetze, die Malfitano für das Eisenchlorid-Kolloid aufgestellt hat, scheinen auch hier Anwendung zu finden:

1. Läßt man qualitativ oder quantitativ die Elektrolyten der intermizellaren Flüssigkeit sich ändern, so wechselt der Gehalt und die Natur des Elektrolyten, der ein Bestandteil der Mizelle ist, ebenso wie die Masse dieser und ihre Beständigkeit in der Lösung.
2. Dieses negative Kolloid wird durch annähernd große Mengen positiver Jonen koaguliert, wobei diese Mengen in Beziehung stehen zur Valenz des Jons und zur Zusammensetzung des Milieus.
3. Läßt man die Temperatur wechseln, so wechseln der Jonisationszustand und das Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Radikalen des Systems und demgemäß auch die Löslichkeitsbedingungen, ohne daß die Umkehrbarkeit gesichert ist.
4. Die Natur des Elektrolyten und sein Dissoziationszustand beeinflussen nicht nur die Löslichkeit, sondern auch die Leichtigkeit mit der die Materie der Mizelle reagiert.

Die nur bei hoher Temperatur löslichen Produkte (Amylozellulose), die im koagulierten Zustand sich mit Jod nicht färben und sich nicht oder nur sehr langsam in Maltose verwandeln, scheinen aus Mizellen zu bestehen, die gar nicht oder nur schwach dissoziierte Elektrolyten enthalten, z. B. die erdalkalischen Phosphate. Die Erscheinung der Rückbildung muß seiner Meinung nach auf die Anwesenheit kleiner Kalkmengen im Kleister zurückgeführt werden. Die teilweise Koagulation während der Verzuckerung (Amylokoagulase) könnte auch zurückzuführen sein auf den Kalk, den die diastatischen Flüssigkeiten enthalten. Die

Erscheinung der Selbstreizung des Malzauszuges muß eher seine Erklärung finden in der Entfernung der Kalkphosphate, die sich während der Proteolyse in einer eiweißhaltigen Flüssigkeit abspielt, als in dem Auftreten eines neuen Enzyms.

Beim Studium der Albumine und der Proteolyse hat man sich ebenso wie bei dem der Stärke und der Amylolyse bestrebt, die verschieden löslichen Produkte als Körper zu betrachten, die aus verschiedenen Molekülen gebildet seien. Diese Annahme hält er nicht für richtig, denn alle Produkte der Proteolyse und der Amylolyse, mit Ausnahme der Asche, haben die gleiche prozentische Zusammensetzung, und ihre Eigenschaften können keinesfalls auf verschiedene molekulare Konstitutionen zurückgeführt werden. Er hat bereits früher seine Meinung dahin geäußert, daß der Mechanismus der Proteolyse in der Hauptsache in Veränderungen besteht zwischen den Beziehungen, die die organischen Substanzen mit den Mineralsubstanzen unterhalten. Die Frage scheint für die Stärke und die Amylolyse viel leichter lösbar zu sein. Malfitano meint, die verschiedenen stärkeartigen Körper bis zu den Dextrinen werden von denselben löslichen Bestandteilen gebildet, dem Maltosan, das mit verschiedenen Elektrolyten in Verbindung steht. Daraus würde sich dann die Verschiedenheit ihrer physikalischen Eigenschaften erklären. Experimentell ist jedoch noch nicht nachgewiesen, daß Malfitano mit seiner Deutung der hydrolitischen Vorgänge bei Stärke und Eiweiß im Recht ist.

Bloemendal schließlich ist nach dem „Pharmaceutisch Weekblad voor Nederland" der Ansicht, daß die von A. Meyer erwähnte α- und β-Amylose in der natürlichen Stärke vorhanden und trotz ihres verschiedenartigen Verhaltens gegen Jod, Diastase usw. identisch sind und sich nur durch ihren Wassergehalt unterscheiden; die zurückgebildete Stärke von Maquenne und Roux ist nach ihm ein Gemisch beider, in welchem α-Amylose in größerer Menge vorhanden ist, als in der gewöhnlichen Stärke. Die Frage der Rückbildung der Stärke ist seiner Meinung nach für die Praxis von Wichtigkeit, indem nämlich die Rückbildung in um so geringerem Grade erfolgen würde, je rascher die Zuckerbildung der Verkleisterung folgt. Er fand, daß ein zwei Stunden alter Kleister bei Behandlung mit Malzauszug bei Zimmertemperatur 8,9 %, ein sechs Monate alter Kleister unter gleichen Bedingungen 26,7 % Unlösliches zurückließ. Er zieht aus seinen Untersuchungen den Schluß, daß die Stärkekörner aus dem mit Jod sich bläuenden „Amylosenstoff" und aus verschiedenen hydrolytischen und Anhydrisierungsprodukten desselben aufgebaut sind. Er hält es auch nicht für unmöglich, daß die Bildung der Stärke in der Pflanze auf dem Rückbildungsprozeß beruht.

Die Form und die Größe.

Die Stärke hat die Form mehr oder weniger großer und kleiner, eiförmiger, linsenförmiger, runder und kugeliger Körner. Ihre Größe schwankt nach Saare zwischen 0,002—0,17 mm.

Die Kartoffelstärke (siehe Abb. 17) ist eiförmig gestaltet, im Querschnitt linsenförmig, oft regelmäßig umrändert. Neben diesen größeren gibt es ausgesprochen kleine, kreisrunde, welche vielfach als unentwickelt angesehen werden.

Der Kern ist exzentrisch und liegt fast immer am schmalen Kornende. Die ebenfalls exzentrischen Schichten sind zahlreich und meist deutlich ausgeprägt; einige von ihnen treten stets mit auffälliger Schärfe hervor. Die Körner kommen als einfache und zusammengesetzte Körner vor. Die Größe der Körner ist nach Wiesner 0,06—0,1 mm, im Mittel 0,07 mm. Saare stellte auf Delbrücks Veranlassung im Jahre 1883 neue Messungen an Kartoffelstärkekörnern an, indem er die Bestimmung des Hefenzählens auf die Stärkemessung anwendete, und fand, daß die Größe der Kartoffelstärke zwischen 0,008 und 0,033 mm schwankt. Später stellte er den stärksten Durchmesser mit 0,09 mm fest. Er stellte ferner fest, daß bei der Handelsstärke in der Prima-Stärke hauptsächlich Stärkekörner mit einem mittleren Durchmesser von 0,033 mm, in der Sekund-Stärke von 0,021 mm, in der Tertia-Stärke von 0,017 mm, in der von den Fluten abgehenden Stärke von 0,0125 m und in der von den Außenbassins auf die Wiesen abgehenden Stärke Stärkekörner mit einem mittleren Durchmesser von 0,008 mm vorkommen.

Die Weizenstärke (siehe Abb. 18) ist von linsenförmiger und kugeliger Gestalt, manchmal ein- oder zweiseitig abgeplattet. Die Körner sind entweder ungeschichtet, oder zeigen nur wenige Schichten und lassen selten direkt einen Kern erkennen. Der Ort des Kernes wird häufig durch einen oder einige weniger schwach erscheinende Risse angedeutet. Die kleinen Körner erscheinen stets ungeschichtet, an Stelle des Kernes steht meist eine lufterfüllte Höhle. Die Stärke besteht entweder aus großen oder kleinen Körnern, selten kommen solche von mittlerer Größe vor. Ihre Größe schwankt nach Wiesner zwischen 0,0022 bis 0,0082 mm, im Mittel 0,0072 mm.

Die Maisstarke (siehe Abb. 20) besteht aus einfachen, zusammengesetzten oder Bruchkörnern. Die Körner liegen im äußeren, hornigen Teile des Maiskornes dicht gedrängt nebeneinander und sind zu unechten Körnern verbunden. Der innere, mehlige Teil besteht in der Mehrzahl aus einfachen Körnern, nur wenige sind echt zusammengesetzt und bestehen dann aus 2—7 Teilkörnern. Die Form ist rund, entweder kugelig oder ellipsoidisch bei den einfachen und gerade und polyedrisch abgeplattet bei den Bruch- und zusammengesetzten Körnern, sonst sind sie gleichgebaut, ein Kern ist bei den meisten wahrnehmbar. Radiale, vom Kern ausgehende Risse durchsetzen die trockenen Körner. Schichtenbildung ist nur vereinzelt beobachtet.

Die Größe der Stärkekörner schwankt nach Wiesner von 0,0072—0,0325 mm, im Mittel 0,020 mm.

Die Reisstärke (siehe Abb. 19) besteht gleichfalls aus einfachen und zusammengesetzten Körnern. Die Körner sind scharfkantig, fast kristallartig, oft spitzwinklig und meist fünf- oder sechseckig. Ein Kern fehlt oft, an Stelle desselben befindet sich dann eine große, polygonale, manchmal sternförmige Höhle. Die einfachen Körner sind den Teilkörnern der zusammengesetzten Körner gleichartig in Größe und Gestalt. Die Zellen sind sowohl mit einfachen als auch mit zusammengesetzten Körnern angefüllt, es werden dadurch unecht zusammengesetzte Körnergruppen gebildet, die beim Zerfallen Bruchkörner geben. Die Größe der

Stärkekörner schwankt nach Wiesner zwischen 0,003—0,007 mm, im Mittel 0,005 mm.

Die Eigenschaften.

Die Stärke des Handels ist ein mehr oder weniger glänzendes, weißes, zart anzufühlendes, zwischen den Fingern knirschendes, geruch- und geschmackloses Pulver. Sie ist unlöslich in Wasser, Alkohol, Äther, Chloroform, Benzin, Kupferoxydammon, flüchtigen und fetten Ölen. Nach Nägeli sollen beim Reiben der Stärke unter Wasser ein Teil in Lösung gehen, nach Brown und Heron geht durch fortgesetztes Reiben und Ausziehen mit großen Mengen Wasser der größte Teil der Stärke in Lösung. Nach Saares Untersuchungen ist die Stärke in kaltem Wasser jedoch unlöslich. Die von Nägeli, Brown und Heron beobachtete Lösung der Stärke ist nach Knop jedenfalls darauf zurückzuführen, daß durch die an der Reibfläche frei werdende Wärme eine Verkleisterung der Stärke eintritt. Durch Zusatz von heißem Wasser zu Stärke wird eine gallertartige, klebrige Masse gebildet; der Vorgang wird Verkleisterung genannt, es entsteht der Kleister. Nach Maquenne und Roux ist die natürliche Stärke ein Gemisch zweier wesentlich voneinander verschiedener Substanzen. Die in der Hauptmenge vorkommende Substanz (Amylose oder Amylozellulose) ist teils in Wasser von 100°, hauptsächlich in überhitztem Wasser löslich, ohne Kleister zu bilden; die zweite Substanz (Amylopektin) ist schleimig, in Wasser unlöslich und bildet mit heißem Wasser und Alkalien Kleister.

Die Amylose wird in gelöstem Zustande mit Jod gebläut und wandelt sich mit Malzauszug bei niederen Temperaturen vollständig in Maltose um. Das Amylopektin färbt sich mit Jod nicht blau, selbst nicht in flüssigem Zustand, und löst sich mit Malzauszug, ohne reduzierenden Zucker zu bilden. Die Amylose kann innerhalb gewisser Temperaturen und bei Gegenwart eines Wasserüberschusses in flüssiger oder fester Form bestehen. Man kann eine in die andere Form überführen durch Erhitzen des festen Produktes mit Wasser unter Druck, oder durch Abkühlen der konzentrierten Lösungen; letztere Veränderung macht die Rückbildung der Amylozellulose aus. Das Amylopektin vermag die Rückbildung der Amylose zu verzögern, sowohl im natürlichen Stärkekorn, als auch im Kleister. Umgekehrt begünstigt jeder Einfluß, unter dem das Amylopektin in Lösung geht, die Rückbildung, d. h. die Fällung der Amylose. Die verzuckernden Enzyme wirken nur auf Amylose, auf Amylopektin nicht. Die künstliche Stärke unterscheidet sich von der natürlichen nur durch das Fehlen des Amylopektins. Verteilt man Handelsstärke in kaltem Wasser, so setzt sie sich bald, ohne gelöst zu werden, als feines Pulver zu Boden (daher Satzmehl); erwärmt man die Stärke aber in Wasser auf eine Temperatur über 55° C., so tritt, je nach der Stärkesorte, früher oder später eine Verkleisterung der Stärke ein. Nach Lintner erfolgt die Verkleisterung der Kartoffelstärke bei 62—64° C. fast augenblicklich, während die der Getreidestärke mehr allmählich verläuft und erst bei 80—85° C. beendet ist. Lintner stellte folgende Verkleisterungstemperaturen fest:

	Kartoffel-stärke	Weizen-stärke	Mais-stärke	Reis-stärke
noch unverändert bei . . .	45°	45°	50°	60°
starke Quellung	55°	60°	65°	70°
vollständige Verkleisterung .	65°	80°	75°	80°

Bei der Verkleisterung quellen die Stärkekörner außerordentlich auf (auf das 30—125fache), dehnen und zersprengen dann die Hüllen, die als zarte Häutchen noch im Kleister zu finden sind und fließen endlich zusammen. Je lichter sie liegen, desto fester und zäher und zum Kleben geeigneter ist der Kleister. Nach Wießner ist das Steifungsvermögen der Mais- und Reisstärke größer als das der Weizenstärke und das der letzteren größer als das der Kartoffelstärke. Das Stärken und Steifen der Wäsche beruht darauf, daß die Stärkemasse in Gestalt eines glänzenden Überzuges auf den Geweben zurückbleibt. Wießner fand, daß Kartoffel- und Maisstärke weit gleichmäßiger steifen als Weizenstärke, er erklärt das dadurch, daß die großen und kleinen Körner der Weizenstärke sich wahrscheinlich im Kleister ungleich verteilen, was bei Mais- und Kartoffelstärke nicht vorkommen kann, da diese beiden Stärkearten aus mehr gleich großen Körnern bestehen. Dieselbe Wirkung wie Wasser bei 55—80° C. üben alle Quellungsmittel schon in der Kälte auf Stärke aus; in Lösungen von Kali und Natronhydrat, Chlorzink, Zinkchlorid, Chlorcalcium, Chlormagnesium, Jod- und Bromkalium, Rhodankalium, Eisenchlorid und Calciumnitrat wird Stärke in Kleister verwandelt. Durch längeres Kochen wird der Stärkekleister verflüssigt und durch Alkohol und Gerbsäure wird aus dem wässerigen Kleister Stärke in Flocken gefällt.

Die wasserfreie Stärke ist eine stark hygroskopische Substanz, stärker noch wie konzentrierte Schwefelsäure, sie zieht an feuchter Luft je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der letzteren Wasser an. Nach Rossiau absorbierten verschiedene Stärkearten, welche bei Temperaturen von 17—20° C. einmal einer Luft ausgesetzt wurden, deren relativer Feuchtigkeitsgehalt 73% betrug, und dann in einer zweiten Versuchsreihe in eine bei dieser Temperatur mit Feuchtigkeit vollkommen gesättigte Atmosphäre gebracht wurden, folgende Mengen Wasser:

	Relativer Feuchtigkeitsgehalt der Luft 73%	100%
	absorbiertes Wasser	
Kartoffelstärke	10,33%	20,92%
Weizenstärke	6,94 „	18,92 „
Maisstärke	10,53 „	19,55 „
Reisstärke	10,89 „	19,84 „

Die Handelsstärken haben einen Wassergehalt von ca. 18—21% bei Kartoffelstärke, von ca. 12—15% bei Weizenstärke, von 12—15% bei Maisstärke und von ca. 12—14% bei Reisstärke.

An starken Alkohol gibt die Stärke ihr Wasser schnell und vollständig ab; hierauf hat Scheibler ein Verfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes von

Stärke gegründet, indem er die durch die Wasseraufnahme eintretende Erhöhung des spezifischen Gewichtes eines bestimmten Volumens Weingeist, mit welchem er ein bestimmtes Gewicht Stärke übergoß, mißt. Beim Erhitzen für sich geht die Stärke bei Temperaturen über 160° C. nach Maschke zuerst in eine in Wasser lösliche Modifikation, bei höheren Temperaturen aber ohne eine Gewichtsveränderung in Dextrin über. Erst bei noch höheren Temperaturen zersetzt sich die Stärke unter Bildung brenzlicher Stoffe karamelähnlicher Natur.

Durch Erhitzen von Stärke und Wasser unter Druck wird Stärke verflüssigt. Durch Einwirkung von verdünnten Säuren wird Stärke zunächst in lösliche Stärke, dann in Dextrin, Maltose und Dextrose verwandelt. Die Fabrikation von löslicher Stärke, Dextrin, Stärkesirup und Stärkezucker beruht auf diesem Vorgang.

Durch Einwirkung von Enzymen wird die Stärke in Dextrin und Maltose verwandelt (Spiritusfabrikation, Brauerei).

Konzentrische Säuren wirken auf Stärke lösend oder zersetzend.

Konzentrierte Schwefelsäure und Salzsäure geben mit Stärke Humin, Ameisensäure und Lävulinsäure.

Kalte rauchende Salpetersäure (1,52 spez. Gew.) löst Stärke ohne Gasentwicklung. Durch Wasser wird aus dieser Lösung Nitrostärke (Xyloidin) abgeschieden, welche wie Schießbaumwolle explosiv ist.

Heiße konzentrierte Salpetersäure im Überschuß gibt mit Stärke Oxalsäure.

Mit Essigsäureanhydrit erhitzt, entstehen zwei den Glyzeriden ähnliche Verbindungen, von welchen die eine in Wasser unlöslich, dagegen leicht löslich in Alkohol und Essigsäure ist, die zweite sowohl von Wasser als auch von Alkohol gelöst wird.

Kaliumpermanganat gibt nach Lintner mit Stärke gummiartige Dextrinsäure.

Durch Wasserstoffsuperoxyd wird Stärke nach v. Asboth oxydiert. Es entstehen mehrere nicht kristallisierende Verbindungen.

Chlorgas wirkt auf Stärke lösend ein.

Durch Brom wird die Stärke intensiv gelb gefärbt.

Jod verhält sich besonders charakteristisch gegen Stärke. Es färbt Stärke tiefblau, und zwar so intensiv, daß man diese Reaktion sowohl zur Erkennung des Jods als auch der Stärke benutzt. Schon die kleinste Menge Jod genügt nach Stromeyer bei Gegenwart von Wasser, um die Stärke aufs intensivste blau zu färben. Die blaue Farbe der Jodstärke wird nach Duclaux nicht durch eine chemische Verbindung, sondern nur durch eine mechanische Ablagerung des Jods in unendlich kleinen Teilchen bewirkt. Nach Rouvier ist die Jodstärke eine Verbindung, welche aber ein gewisses Quantum Jod lösen kann, dessen Menge wahrscheinlich dem Gesetz der Verteilung eines gelösten Körpers zwischen zwei nicht mischbaren Lösungsmitteln folgt. Eine andere Ansicht ist die, daß die Bildung der Jodstärke nur bei Gegenwart von Jodwasserstoff oder Jodmetall erfolgt. Küster und Meyer sind der Ansicht, daß die Jodstärke eine Lösung

von Jod in der Stärkesubstanz darstellt. Je niedriger die Temperatur ist, um so intensiver ist die Blaufärbung. Beim Erwärmen verschwindet die Farbe der Jodstärke vollkommen, erscheint aber beim Erkalten wieder. Alle Substanzen welche zum Jod eine starke Verwandtschaft haben, zerstören oder verhindern die Färbung der Stärke durch Jod. Namentlich sind dies Alkalien, ätzende wie kohlensaure, alkalische Erden (Kalk, Baryt), Schwefelwasserstoff und schweflige Säure. Kaliumpermanganat zerstört nach Stokes die Farbe der Jodstärke unter Abscheidung von Manganoxyd infolge von Zerstörung der Stärke, ebenso Eisenteile; Zink und Schwefelsäure sind ohne Einfluß. Bromwasserstoff zerstört ebenfalls die Färbung durch Bildung von Bromjod; Kaliumdichromat fällt die Jodstärke, ohne ihre Färbung zu zerstören. Mit Alkohol erhitzt, entfärbt sich die Jodstärke schnell unter Verflüchtigung von Äthyljodid. Durch Metallsalze wird die Reaktion häufig modifiziert, so daß violette Farbentöne zur Erscheinung kommen. Gerbsäure stört ebenfalls die Jodfärbung, vielleicht, wie Sachse vermutet, weil sich Jodwasserstoffsäure bildet, vielleicht auch, weil dabei eine Verbindung von Gerbsäure mit Stärke entsteht, welche kein Absorptionsvermögen für Jod besitzt.

Nach Zulkowsky löst sich Stärke in Glyzerin, und zwar bei 120° C. unter vollständiger Umwandlung in lösliche Stärke. Aus einer Glyzerinstärkelösung wird durch Alkohol die lösliche Stärke ausgefällt. Durch Erhitzen einer Glyzerinstärkelösung auf 200—210° entstehen Dextrine. Formaldehyd und Acetaldehyd geben mit Stärke Anlagerungsprodukte, die zu medizinischen Zwecken dargestellt werden.

Über die sauren Eigenschaften der Stärke berichtet E. Demoussy in der Comptes rendus 1906, 142, 933.

In einer Arbeit hat Maquenne gezeigt, daß die Amylozellulose in Alkali leicht löslich ist; man weiß außerdem, daß gewöhnliches Wasser der Stärke einen Teil seines Bikarbonat-Kalkes zuführt. Es war daher vorauszusehen, daß die Stärke als Kohlenhydrat sich wie der Zucker mit mineralischen Basen vereinigen muß. Hierüber geben seine Versuche, die mit Reisstärke ausgeführt wurden, die mit Hilfe schwacher Salzsäure entmineralisiert und dann bis zur vollständigen Chlorfreiheit ausgewaschen worden war, folgenden Aufschluß:

Ätznatron. Gegenüber einer alkoholischen Lösung von Ätznatron, die die Stärke nicht, wie dies wässerige Natronlauge tun würde, verkleistert, verhält sich die Stärke ausgesprochen sauer; in einigen Minuten verschlucken 20 g Stärke 300 mg Ätznatron, die in 150 ccm Alkohol gelöst waren. Erhöht man die Alkalimenge, so setzt die Absorption wieder ein; sie ist aber nicht proportional dem Stärkegewicht und vollzieht sich langsam; das Gleichgewicht ist erst in 3—4 Tagen erreicht.

Wasser zerstört diese Verbindung auf der Stelle.

Ammoniak. Selbst in sehr verdünnten Lösungen absorbiert die Stärke nur sehr geringe Mengen Ammoniak: 13 mg von 263 mg auf 20 g Stärke. Auch in diesem Falle nimmt Wasser wieder das ganze Ammoniak aus der Stärke heraus.

Kalk. 5 g Stärke in 50 g Wasser verteilt, neutralisieren schnell 3—4 ccm Kalkwasser. Eine weitere Menge Kalkwasser kann noch absorbiert werden, bis jede Reaktion gegen Phenolphtalein verschwunden ist, die aber bei weiterm Kalkwasserzusatz bestehen bleibt: es bildet sich dann ein Gleichgewichtszustand, der erst nach 24—48 Stunden erreicht ist. Das Eindringen der Flüssigkeit ist kein plötzliches, sondern ist abhängig von der Größe der Stärkekörner, langsamer bei der Kartoffelstärke als bei der Reisstärke.

Bei einem der Versuche haben 150 ccm Kalkwasser, enthaltend 390 mg CaO, an 20 g Stärke 318 mg Minimalsubstanz abgegeben, d. h. 81,5% des vorhandenen Kalks.

Destilliertes Wasser nimmt dem Produkt den größten Teil des Kalks wieder heraus; man erhält auf diese Weise Stärke, die nur noch 0,16% Kalk enthält an Stelle der absorbierten Menge von 2%.

Mit Baryt kommt man zu genau denselben Ergebnissen.

Kohlensaure Alkalien. Die Stärke kann, ohne sich zu ändern, mit verdünnter Sodalösung zusammengebracht werden. E. Demouny fügte zur Vermeidung von Bakterienentwicklung und dadurch Kohlensäureentwicklung etwas Toluol hinzu.

Bei einem Versuch wurden 20 g Stärke in 150 ccm reiner Sodalösung verteilt, die 397 mg Soda, entsprechend 172 mg Natron enthielt. Nach drei Tagen ergab die Titration eine Veränderung des Natrons um 18 mg bei Verwendung von Helianthin; eine weitere Titration gegen Phenolphtalein zeigte, daß die Flüssigkeit eine dem verschluckten Natron gleichartige Menge Natriumbikarbonat enthielt.

Die Stärke ist also im stande, teilweise die Kohlensäure aus den kohlensauren Salzen auszutreiben. Daraus folgt, daß ein Überschuß an Kohlensäure ihre Wirkung hindern muß; in der Tat hat die Stärke aus einer Natriumbikarbonatlösung, die äquimolekular war der vorigen Sodalösung, nur 12,2 mg Natron herausgenommen, anstatt 18 mg.

Die Stärke besitzt also eine Säureenergie vergleichbar der der Kohlensäure; sie muß also auf Salze um so leichter einwirken, je schwächer deren Säure ist, gegenüber Kohlensäure und umgekehrt.

So entnahmen z. B. 20 g aus 150 ccm Chlorkaliumlösung von 101 mg 10 mg. Kochsalz verhielt sich ebenso. Von 94,8 mg Dikaliumphosphat verschwanden 5,4 mg, von 231 mg Kaliumsulfat 18 mg.

Beim Kupfersulfat ist die Absorption unbedeutend; beim Kupferacetat aber, dessen Säure weniger energisch ist, konnte man von 672 cm 19,8 mg fixieren, in einem anderen Falle von 63 mg 6 mg bei einer verdünnteren Lösung.

Beträchtlichere Unterschiede sind festzustellen, wenn die Säure des Salzes zuvor mit einer starken Base neutralisiert wurde, z. B. beim Arbeiten mit ammoniakalischen Zink-, Kupfer- oder Bleilösungen.

Die Absorption ist gering bei einer alkalischen Zinksulfatlösung: 2,7 mg bei einer Flüssigkeit mit 750 mg metallischem Zink. Sie wird aber beträchtlich bei einer ammoniakalischen Kupfersulfatlösung, die an die Stärke 25,6% ihres Metalles abgab und 74% bei einer verdünnteren Lösung.

Diese Kupferverbindungen sind relativ konstant: das Wasser entzieht ihnen nur das Ammoniak. In konzentrierten Lösungen erleidet die Stärke eine leichte Veränderung, die sich nach dem Auswaschen zeigt; in verdünnten Lösungen ändert sie sich nicht; man erhält schließlich ein blaßblaues Pulver, mit ungefähr 0,3% Kupfer.

Bei einer ammoniakalischen Bleiacetatlösung ist die Sache noch merkwürdiger; das ganze Blei verschwindet aus der Flüssigkeit. Nach einigen Stunden färbt sich das Filtrat nicht mehr mit Schwefelwasserstoff, während die Flüssigkeit ursprünglich 0,8% Blei enthalten hatte.

Kolloidales Eisenoxyd wird weniger gut fixiert, offenbar, weil es keine wahre Base ist; eine Eisenflüssigkeit verlor von 750 mg Eisen 90 mg, eine andere von 37,5 mg 21 mg.

Die Stärke zeigt also alle Eigenschaften einer schwachen Säure, vergleichbar der Kohlensäure, und sie nähert sich in diesem Verhalten den anderen Kohlenhydraten, wie diese geht sie mit den metallischen Hydraten durch Wasser zersetzbare Verbindungen ein und kann außerdem kleine Mengen von Neutralsalzen verschlucken. Diese Eigenschaften können mitspielen bei der Absorption von Mineralsubstanzen durch die Pflanzen, und vor allen Dingen beitragen zur Mineralisiation der Organe der stärkehaltigen Reserveorgane.

Die Stärke ist stets organisiert, sie zeigt daher Doppelbrechung. Im polarisierten Licht erscheint auf jedem Stärkekorn ein schwarzes Kreuz, welches bei Kartoffelstärke eine spitzwinkelige, bei Getreidestärke eine rechtwinkelige Kreuzung zeigt, ein Unterschied, der zur Erkennung der Stärkearten beitragen kann. Wenn man die Stärke quellen läßt, gehen die optischen Eigenschaften ihr verloren.

Die Stärke lenkt die Polarisationsebene stark nach rechts ab; im Kleisterzustand ist ihr Drehungsvermögen $[\alpha] j = + 219{,}5^0$ oder nach Brown und Morris $[\alpha] D = + 202{,}0^0$. Nach Belschner ist das Drehungsvermögen der

Kartoffelstärke	204,3
Weizenstärke	202,4
Maisstärke	201,5
Reisstärke	202,5

Das spezifische Gewicht der Stärke ist je nach der Stärkeart und dem Wassergehalt mehr oder weniger verschieden. Nach Saare ist das spezifische Gewicht der wasserfreien Kartoffelstärke bei 17,5° C. = 1,647—1,653, im Mittel 1,65, nach Flückiger 1,633; das spezifische Gewicht lufttrockener Stärke ist nach Rouvier 1,486—1,507, nach Flückiger 1,503. Das spezifische Gewicht der gequollenen Stärke (trocken gedacht) beträgt nach Rodewald 1,612, nach Brown und Heron 1,66. Vom Verfasser wurde das spezifische Gewicht der wasserfreien Kartoffelstärke mit 1,648, der Weizenstärke mit 1,629, der Maisstärke mit 1,623 und der Reisstärke mit 1,620 bei 17,5° C. bezogen auf Wasser bei 17,5° C. ermittelt.

Die Verbrennungswärme der Stärke ist von Berthelot und Vieille experimentell zu 4228 Cal. für 1 kg bestimmt. (Rohrzucker 3962, Maltose 3949, Dextrose 3762 Cal.) W. N. Bloemendal führte die Verbrennung der wasser-

freien Stärke in einem Kalorimeter von Fischer aus und fand folgende Verbrennungswärme: für Kartoffelstärke 4037 und 4000 Kalorien, für Weizenstärke 4033 und 4001, für Reisstärke 4039 und 4004 Kalorien. Die spezifische Wärme der Stärketrockensubstanz beträgt nach Rodewald und Kattein 0,2697, die der gequollenen Stärke 0,3728. Durch Wasserverdichtung beim Quellen findet eine Erwärmung statt, welche Rodewald zu 23,4 Cal. berechnet. Für die Praxis kann man angeben, daß sich vollkommen trockene Stärken mit Wasser um etwa 15° erwärmen. Beim Quellen dehnt sich die trockene Stärke aus und vermag dabei nach Rodewald einen Druck von 2605 kg auf den Quadratzentimeter = 2523 Atmosphären auszuüben. Auch durch sehr hohen Druck kann man aus gequollener Stärke das Quellungswasser nicht entfernen.

Untersuchungsmethoden.

I. Kartoffelstärkefabrikation.

A. Technische Untersuchungen.

Die Bestimmung des Stärkegehaltes der Kartoffeln nach dem spezifischen Gewicht.

Das spezifische Gewicht eines Körpers wird ausgedrückt durch die Zahl, welche angibt, in welchem Verhältnis das Gewicht eines gewissen Rauminhaltes dieses Körpers zu einem gleichen Rauminhalt Wasser als Einheit (Wasser, spezifisches Gewicht = 1) steht. Bezeichnet man mit g das absolute Gewicht des Körpers in Grammen, mit r den Rauminhalt (Raumerfüllung), ausgedrückt in Kubikzentimeter, mit s sein spezifisches Gewicht, so ist $s = \frac{g}{r}$.

Die Ermittlung des spezifischen Gewichtes der Kartoffeln erfolgt auf verschiedene Weise.

1. Krokers Salzprobe. Gesättigte Kochsalzlösung besitzt das spezifische Gewicht von 1,2, welches höher ist als dasjenige der stärkereichsten Kartoffeln; die Kartoffeln werden daher in einer gesättigten Kochsalzlösung schwimmen; verdünnt man diese Kochsalzlösung, so kann ihr spezifisches Gewicht niedriger werden als dasjenige der Kartoffeln, und die Kartoffeln werden in der verdünnten Lösung zu Boden sinken. Stellt man das spezifische Gewicht der konzentrierten Kochsalzlösung durch einen Zusatz von Wasser dem spezifischen Gewicht der Kartoffeln gleich, so werden sich die Kartoffeln in dieser Flüssigkeit im labilen Gleichgewicht befinden, d. h. weder ein Bestreben aufzusteigen, noch unterzusinken haben. Hierauf beruht die Krockersche Methode, welche derart ausgeführt wird, daß man entweder zu Wasser eine konzentrierte Kochsalzlösung, oder zu einer konzentrierten Kochsalzlösung Wasser zusetzt, bis die in dieser Flüssigkeit befindlichen Kartoffeln in derselben schweben. Man bestimmt alsdann das spezifische Gewicht der Kochsalzlösung mittelst besonderer Spindeln nach Krocker. Diese Spindeln lassen das spezifische Gewicht direkt ablesen, aus welchem man nach der auf Seite 57 abgedruckten Tafel zur Bestimmung des Stärkewertes der Kartoffeln den Stärkegehalt direkt ermittelt. Da die verschiedenen Kartoffeln einer größeren Probe durchaus nicht dasselbe spezifische Gewicht besitzen, so wird ein Teil oben

schwimmen, ein anderer Teil schweben und noch ein anderer Teil untersinken. Es ist deshalb der Zusatz von Wasser bezw. Kochsalzlösung so einzurichten, daß gleiche Teile der Kartoffeln obenauf schwimmen, gleiche Teile untersinken und der größte Teil schwebt. Diese Methode ist sehr unsicher, sie hat aber den Vorzug, beim Kartoffeleinkauf, wo man andere Wagen nicht mitführen kann, überall verwendbar zu sein, da Salz überall zu Gebote steht.

2. Stohmanns Methode. Stohmann hat die alte Mohrsche Methode der Bestimmung des spezifischen Gewichts den Kartoffeln in sehr hübscher Weise angepaßt.

Zur Untersuchung sind ein 2 Liter Wasser fassender Glaszylinder und zwei mit einer Metallspitze von verschiedener Länge versehene Metallplatten notwendig. Vor der Bestimmung mißt man zunächst ganz genau soviel Wasser in den Zylinder ein, daß dasselbe oben die längere Spitze berührt. Dieser Punkt markiert sich äußerst scharf; dann hat man ein für allemal den Raum zwischen der längeren und kürzeren Spitze ausgemessen und bringt die Kartoffeln in den Zylinder. Man wird nun soviel weniger Wasser bis zu der kurzen Spitze zuzusetzen haben, als die Raumerfüllung der Kartoffeln beträgt, und damit erhält man ohne weiteres ihren Rauminhalt. Das spezifische Gewicht berechnet man dann nach der Formel $s = \frac{g}{r}$ und liest die Stärkezahl aus der oben genannten Tabelle ab. Stohmanns Methode ist sehr genau, aber auch ebenso subtil; auch ist sie für die Praxis nicht geeignet, ganz abgesehen davon, daß man keine größeren Proben als 1000 g zur Untersuchung verwenden kann.

3. Die Kartoffelwage von Reimann u. a. Nach dem Archimedischen Prinzip verliert jeder Körper beim Wägen in einer Flüssigkeit soviel von seinem Gewicht, als die von ihm verdrängte Flüssigkeit wiegt. Da nun unser metrisches Gewichtssystem von dem Gewicht eines bestimmten Raumes Wasser ausgeht (1 ccm Wasser = 1 g), so erfährt man aus dem Gewichtsverlust einer bestimmten Gewichtsmenge eines Körpers unter Wasser in Grammen bei der Normaltemperatur seine Raumerfüllung in Kubikzentimetern.

Beispiel: 1 kg = 1000 g Kartoffeln sollen unter Wasser nur 125 g wiegen; sie haben also an Gewicht verloren 1000 — 125 = 875 g = 875 ccm, welches ihr Rauminhalt ist, also: $s = \frac{g}{r} = \frac{1000}{875} = 1{,}143 = 27{,}4\,\%$ Stärke.

Die erste Wage in dieser Art ist zuerst von Balling und Fesca beschrieben, genau auf demselben Prinzip beruhend, ist von Hurtzig eine Federwage, von Bernstein und von Schwarzer eine mit Laufgewicht versehene Schnellwage und von Reimann eine Dezimalwage konstruiert worden. Letztere ist am verbreitetsten. Über Abbildung, Beschreibung und Ausführung der Methode siehe Abb. 14 S. 17.

Neuerdings werden von der Glasbläserei des Vereins der Spiritus-Fabrikanten in Deutschland, Berlin N. 65, außer der Reimannschen Wage noch zwei andere Kartoffelwagen in den Handel gebracht. Es sind dies die Schiebegewichtswage des Verfassers (Abb. 15, Beschreibung und Ausführung siehe S. 18) und die Kartoffelwage nach von der Heide (Abb. 16, Beschreibung und Ausführung siehe S. 20).

Die Bestimmung des Stärkewertes der Kartoffeln nach dem spezifischen Gewicht beruht auf folgenden Erwägungen:

Das Wasser besitzt ein spezifisches Gewicht von 1, die Kartoffelstärke ein solches von 1,65; wenn man sich die Kartoffeln nur aus Stärke und Wasser bestehend dächte, müßte ihr spezifisches Gewicht zwischen 1 und 1,65 liegen und 1 um so mehr genähert sein, je weniger Stärke sie enthielten und umgekehrt. Die Kartoffel besteht zwar nicht nur aus Wasser und Stärke, aber die Stärke bildet doch den bei weitem die sonstigen festen Bestandteile, Stickstoffsubstanz, Holzfaser, Mineralstoffe usw. überwiegenden Anteil.

Aus diesem Grunde hat man schon lange nach einem Zusammenhang des spezifischen Gewichts und Stärkegehalts der Kartoffeln zur Ausbildung einer technischen Methode der Bestimmung des Stärkemehlgehaltes nach dem spezifischen Gewicht gesucht und Tafeln aufgestellt, nach denen man aus dem ermittelten spezifischen Gewicht den Stärkegehalt ablesen kann.

Die ersten allerdings unvollkommenen Untersuchungsmethoden stammen von Berg, Lüdersdorf und Balling. Krocker und Pohl verbesserten die Ballingschen Tafeln vielfach und Maercker und seine Mitarbeiter Abesser, Holdefleiß, Behrend und Morgen haben die Tafel vervollkommnet.

Die Grundlage dieser Tafel bildet die Erkenntnis, daß die Kartoffeln, gleichgültig, ob darin viel oder wenig Stärke enthalten ist, eine ziemlich konstante Menge „Nichtstärke", d. h. Holzfaser, Stickstoffsubstanz, Mineralstoffe usw. enthalten. Eine stärkereiche Kartoffel unterscheidet sich also von einer stärkearmen nur durch einen höheren Stärkegehalt, nicht aber gleichzeitig auch einen höheren Gehalt an Nichtstärke; im Gegenteil, der prozentische Gehalt an Nichtstärke ist in stärkereichen Kartoffeln sogar niedriger als in stärkeärmeren. Es kommt dies offenbar so zu stande, daß in die fertige Zelle der Kartoffel, die alle sonstigen Stoffe schon fertig enthält, mehr oder weniger Stärke eingelagert wird.

Hiernach muß ein fester Unterschied zwischen Trockensubstanzgehalt und Stärkegehalt (gleich Nichtstärke) bestehen, und dies trifft auch im Mittel von Maerckers Bestimmungen in großer Übereinstimmung zu, wie folgende Zahlen lehren:

Spez. Gewicht	Trockensubstanz	Unterschied zwischen Trockensubstanz und Stärke der einzelnen Gruppen im Mittel
1,081 bis 1,090	19,9 bis 21,8	5,56
1,091 „ 1,100	22,0 „ 24,0	5,78
1,011 „ 1,110	24,2 „ 26,1	5,67
1,111 „ 1,120	26,3 „ 28,3	5,70
1,121 „ 1,130	28,5 „ 30,4	5,65
1,131 „ 1,140	30,6 „ 32,5	5,87
		Mittel: 5,752

Der Unterschied von 5,752 wurde in der Weise benutzt, daß man in einer sehr großen Zahl von Kartoffeln die Trockensubstanz bestimmte, hiervon die Zahl 5,752 abzog und die gewonnene Zahl für den Stärkegehalt in Beziehung zum ermittelten spezifischen Gewicht setzte.

Wenn nun die Übereinstimmung der Unterschiede zwischen Trockensubstanzgehalt und Stärkegehalt ein sehr befriedigender ist, kann man dasselbe für die entsprechenden spezifischen Gewichte nicht überall sagen; dies kommt offenbar daher, daß in den Kartoffeln lufterfüllte Hohlräume in wechselnden Mengen vorhanden sind, die einen Einfluß auf die Höhe des spezifischen Gewichtes ausüben. Daß solche lufterfüllte Hohlräume immer vorhanden sind, läßt sich daraus erkennen, daß der wirkliche Rauminhalt der Kartoffel immer viel größer ist, als man aus dem spezifischen Gewicht der Trockensubstanz und des Wassers derselben Kartoffel berechnen kann. Es kommt ferner hinzu, daß man die von Maercker u. a. seiner Zeit angewandte Methode der Stärkebestimmung nach der jetzt gewonnenen Erkenntnis keineswegs als vorwurfsfrei ansehen kann. Die Fehlergrenze der Schätzung des Stärkegehaltes der Kartoffel nach dem spezifischen Gewicht ist daher keine kleine und man darf höchstens hoffen, den Stärkegehalt auf ± 1% genau danach zu finden, d. h. eine Kartoffel, die nach dem spezifischen Gewicht zu 23% Stärke eingeschätzt wird, kann in Wirklichkeit 22 oder 24% enthalten, ja man darf sich nicht wundern, wenn in einzelnen Fällen Abweichungen von ± 2% und gelegentlich sogar darüber vorkommen. Trotzdem hat die Methode ihre Berechtigung für das Stärkegewerbe; man kann zwar eine ganz genaue Ausbeuteberechnung für einen bestimmten Fall auf sie nicht gründen, wohl aber auf Grund von vielen innerhalb einer längeren Frist ausgeführten Bestimmungen sich ein zutreffendes Bild über die Betriebsergebnisse verschaffen, vor allem aber beim Ankauf der Kartoffeln entscheiden, ob es sich um eine gute oder geringe Ware handelt, und danach den Preis bestimmen. Hierfür ist die Methode, da sie in wenigen Minuten zum Ziel führt, vollkommen unentbehrlich. Bei der Benutzung der Methode ist es für den Stärkefabrikanten sehr wichtig zu wissen, daß nach dem spezifischen Gewicht nicht allein die Stärke, sondern alle Kohlehydrate, z. B. Zucker, d. h. der Stärkewert bestimmt werden. Während für den Spiritusfabrikanten ein Zuckergehalt der Kartoffel gewinnbar ist, bedeutet für den Stärkefabrikanten ein Zuckergehalt einen direkten Verlust, da der in der Kartoffel vorhandene Zucker zwar als Stärke mitbestimmt, während der Fabrikation aber in den Abwässern verloren geht. Nach Saare beträgt dieser nicht gewinnbare Anteil (Nichtstärke) im Durchschnitt 1,5%. Bei einer Ausbeuteberechnung ist dieser Faktor zu berücksichtigen, d. h. von der Angabe der Kartoffelwage abzuziehen. In den von Saare aufgestellten Ausbeutetabellen (S. 275) ist dieser Faktor mit in Rechnung gezogen. Es ist daher falsch, wenn bei Benutzung der Saareschen Tabellen nochmals, wie es irrtümlicherweise manchmal geschieht, 1,5 von der Angabe der Kartoffelwage abgezogen wird.

Die zur Bestimmung des Stärkewertes und des Trockengehaltes der Kartoffeln aus dem spezifischen Gewicht mittelst der Reimannschen Wage nach Behrend, Maercker und Morgen dienende Tafel stammt aus dem Jahre 1879. Infolge kleiner Rechenfehler usw., die sich bei der Berechnung eingeschlichen hatten, war die Tafel nicht völlig einwandfrei. Durch G. Foth ist die Tafel im Jahre 1907 einer Revision unterzogen und gleichzeitig nach unten hin erweitert worden.

Die jetzt allgemein gültige Tafel ist folgende:

Gewicht von 5000 g Kartoffeln unter Wasser g	Spezifisches Gewicht	Trockensubstanz %	Stärkewert %	Gewicht von 5000 g Kartoffeln unter Wasser g	Spezifisches Gewicht	Trockensubstanz %	Stärkewert %
290	1,0616	15,748	9,996	495	1,1099	26,085	20,333
295	1,0627	15,984	10,232	500	1,1111	26,341	20,589
300	1,0638	16,219	10,467	505	1,1123	26,598	20,846
305	1,0650	16,476	10,724	510	1,1136	26,876	21,124
310	1,0661	16,711	10,959	515	1,1148	27,133	21,381
315	1,0672	16,947	11,195	520	1,1161	27,411	21,659
320	1,0684	17,204	11,452	525	1,1173	27,668	21,916
325	1,0695	17,439	11,687	530	1,1186	27,946	22,194
330	1,0707	17,696	11,944	535	1,1198	28,203	22,451
335	1,0718	17,931	12,179	540	1,1211	28,481	22,729
340	1,0730	18,188	12,436	545	1,1224	28,760	23,008
345	1,0741	18,423	12,671	550	1,1236	29,016	23,264
350	1,0753	18,680	12,928	555	1,1249	29,295	23,543
355	1,0764	18,916	13,164	560	1,1261	29,551	23,799
360	1,0776	19,172	13,420	565	1,1274	29,830	24,078
365	1,0787	19,408	13,656	570	1,1286	30,086	24,334
370	1,0799	19,665	13,913	575	1,1299	30,365	24,613
375	1,0811	19,921	14,169	580	1,1312	30,643	24,891
380	1,0822	20,157	14,405	585	1,1325	30,921	25,169
385	1,0834	20,414	14,662	590	1,1338	31,199	25,447
390	1,0846	20,670	14,918	595	1,1351	31,477	25,725
395	1,0858	20,927	15,175	600	1,1364	31,756	26,004
400	1,0870	21,184	15,432	605	1,1377	32,034	26,282
405	1,0881	21,419	15,667	610	1,1390	32,312	26,560
410	1,0893	21,676	15,924	615	1,1403	32,590	26,838
415	1,0905	21,933	16,181	620	1,1416	32,868	27,116
420	1,0917	22,190	16,438	625	1,1429	33,147	27,395
425	1,0929	22,447	16,695	630	1,1442	33,425	27,673
430	1,0941	22,703	16,951	635	1,1455	33,703	27,951
435	1,0953	22,960	17,208	640	1,1468	33,981	28,229
440	1,0965	23,217	17,465	645	1,1481	34,259	28,507
445	1,0977	23,474	17,722	650	1,1494	34,538	28,786
450	1,0989	23,731	17,979	655	1,1507	34,816	29,064
455	1,1001	23,987	18,235	660	1,1521	35,115	29,363
460	1,1013	24,244	18,492	665	1,1534	35,394	29,642
465	1,1025	24,501	18,749	670	1,1547	35,672	29,920
470	1,1038	24,779	19,027	675	1,1561	35,971	30,219
475	1,1050	25,036	19,284	680	1,1574	36,249	30,498
480	1,1062	25,293	19,541	685	1,1587	36,528	30,776
485	1,1074	25,549	19,797	690	1,1601	36,827	31,075
490	1,1086	25,806	20,054				

Bei der Benutzung der Kartoffelwagen (Reimann, Parow, v. d. Heide) sind folgende Punkte zu beachten:

1. Die Kartoffeln müssen sorgfältig gereinigt, unter Wasser abgebürstet und sodann oberflächlich abgetrocknet sein, am besten durch Abreiben mit einem Tuche, sonst durch Abtrocknen an der Luft (aber nicht zu lange, da die Kartoffeln im Zimmer austrocknen). Man kann die Kartoffeln auch feucht abwägen, muß aber dann entweder statt 5000 g 5050 g abwägen, aber zu dem in der Tafel ermittelten Stärkegehalt 0,2 % hinzuzählen.

Eine sehr praktische kleine Handwäsche (Abb. 22) für die Kartoffelproben ist von Zacharias-Stolp konstruiert. Sie ist ohne weiteres aus der Abbildung verständlich.

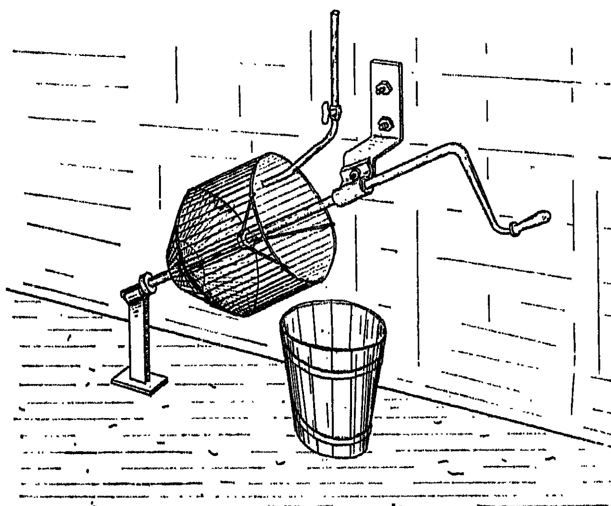


Abb. 22. Kartoffel-Handwäsche von Zacharias.

2. Es ist zwar nicht absolut notwendig, daß das Wasser, in welchem die Kartoffeln gewogen werden, reines destilliertes (Kondenswasser, welches in jeder Stärkefabrik leicht zu beschaffen ist) sei oder Regenwasser, wohl aber wünschenswert, weil sich mit der Zeit kohlensaurer Kalk auf dem Drahtgewebe des im Wasser befindlichen Korbes niederschlägt. Nennenswerte Unrichtigkeiten in der Bestimmung gibt, abgesehen von obigem Übelstande, der Gebrauch von nicht zu hartem Brunnenwasser nicht.

3. Der Korb muß vor dem Wägen der Kartoffeln unter Wasser und nach demselben gleich tief in Wasser eintauchen, da sonst die am Apparat befindlichen Ketten bald über, bald unter Wasser sind. Am einfachsten stellt man dieses her, indem man das Wassergefäß zum Überlaufen füllt, dann die Kartoffeln in dem oberen Korbe wägt und nun, unbekümmert um die überfließenden Wassermengen, in den unteren Korb bringt. Zu Anfang jeder neuen Bestimmung muß dann

natürlich das Wassergefäß wieder neu gefüllt werden. Reinlicher ist es übrigens, das Wassergefäß mit einem Ausflußrohr zu versehen. Man füllt dasselbe vor der Bestimmung soweit, daß Wasser aus dem Röhrchen ausfließt; durch das Einbringen der Kartoffeln in den unteren Korb fließt alsdann der Überschuß des Wassers ab. Geringe Oberflächenunterschiede bringen übrigens bei dem relativ kleinen Volumen der Ketten keinen großen Fehler.

4. Das genaue Einstellen mittelst zerschnittener Kartoffeln ist zulässig. Sind trockenfaule Kartoffeln in der zur spezifischen Gewichtsbestimmung bestimmten Probe, so muß man die von der Trockenfäule befallenen Teile der betreffenden Kartoffeln ausscheiden. Kartoffeln mit inneren Hohlräumen, die obenauf schwimmen, sind durchzuschneiden.

5. Bei naßfaulen, kranken oder verdorbenen, unreifen, verschrumpften, stark gekeimten oder sonstwie unnormalen Kartoffeln gibt die spezifische Gewichtsbestimmung ganz falsche Zahlen; die Tafel ist nur für gesunde Kartoffeln zutreffend, da zu ihrer Feststellung nur solche gedient haben. Die Kartoffelwage zeigt in solchen Fällen meistens viel zu niedrigen Stärkemehlgehalt an.

6. Kartoffeln, welche obenauf schwimmen, sind nicht durch Überdecken mit spezifisch schwereren Kartoffeln niederzuhalten, sondern durchzuschneiden oder von der Untersuchung auszuschließen. Die den Kartoffeln anhängenden Luftblasen entfernt man durch heftiges Auf- und Abbewegen des Korbes unter Wasser oder Herausheben und Wiedereinsenken in das Wasser; nach der Wägung wiederholt man dieses und sieht zu, ob das Gewicht konstant bleibt. Meistens nimmt es danach noch etwas zu.

7. Die Temperatur des Wassers muß Zimmertemperatur 17,5° C. sein.

8. Die Probenahme für die Ausführung des spezifischen Gewichtes muß eine sorgfältige sein, denn es kommen zwischen den verschiedenen Kartoffeln, auch wenn sie von der gleichen Sorte waren und auf dem gleichen Boden geerntet wurden, sehr große Verschiedenheiten vor.

9. Hart gefrorene Kartoffeln muß man in lauwarmem Wasser auftauen unter mehrfacher Erneuerung des Wassers zur Entfernung der an den Kartoffeln anhaftenden Bodenteile. Man taut am besten etwas mehr als 5 kg in Wasser auf, wägt 5 kg der abgetropften Kartoffeln ab und bestimmt das Gewicht unter Wasser. Da nach Saare gefrorene Kartoffeln mit der Reimannschen Wage auch in aufgetautem Zustande einen um 1 % zu hohen Stärkemehlgehalt angeben, so muß man von dem erhaltenen Stärkewert 1 % als Untersuchungsfehler abziehen.

Bestimmung des Schmutzgehaltes der Kartoffeln.

Zur Bestimmung der Ausbeute ist die Bestimmung der Schmutzprozente der Kartoffeln durchaus notwendig.

Die Bestimmung der Schmutzprozente geschieht in der Weise, daß eine gewogene Menge Kartoffeln durch Waschen und Bürsten von den anhaftenden Bodenteilen befreit und dann an der Luft getrocknet und wieder gewogen wird.

Je größer die Probe, um so genauer ist das Resultat.

Beispiel: 50 kg Kartoffeln wiegen nach dem Waschen und Trocknen 47,5 kg. Der Schmutzgehalt der Kartoffeln ist 50—47,5 = 2,5 kg oder 5%.

Je nach der Art des Bodens, der Witterung zur Zeit der Ernte usw. kann der Schmutzgehalt der Kartoffeln 2, 4, 5, 10, 15, 20 und mehr Prozente betragen.

Man kann trockene vom sandigen Boden stammende Kartoffeln auch in der Weise auf ungefähre Schmutzprozente untersuchen, indem man die Kartoffeln einer gewogenen Ladung über eine Fege, Schurre oder Stabtrommel gehen läßt und die durchgefallenen Bodenteile wägt.

Die Prüfung der Stärkemilch auf Konzentration.

Zur Herbeiführung eines möglichst gleichmäßigen Betriebes und zur Vermeidung von Überlastung der Zentrifugen und Siebe usw. ist die möglichst gleichmäßige Herstellung einer Stärkemilch von bestimmter Konzentration sehr notwendig. Eine nicht zu dünne Stärkemilch (6—8° Bé.) flutet besser, als eine zu dicke Milch, bei der die Stärke leicht grau wird. Beim Waschen der Stärke im Quirlbottich wählt man meist eine Konzentration von ca. 18 Bé. Das Zentrifugieren der Stärke geschieht am besten bei einer Konzentration von 22—24° Bé. Höhere Konzentrationen überlasten sehr leicht die Zentrifuge, geringere Konzentrationen verlangsamen die Arbeit und verringern die Leistung.

Die Ausführung der Prüfung einer Stärkemilch auf Konzentration siehe bei Beaumé-Spindel S. 14.

Die Prüfung der Stärke auf Farbe, Glanz und Stippen.

Eine Probe der Stärke wird auf Papier (am besten blaues Papier) ausgebreitet und glattgestrichen.

Eine Prima-Stärke hat eine rein weiße Farbe und guten Glanz (Lüster), und enthält nur Spuren von Stippen.

Die Anzahl der Stippen wird nach Saare in der Weise festgestellt, daß auf die glattgestrichene Probe eine Glasplatte von bestimmter Größe (z. B. ein Objektträger) gelegt wird und die darunter sichtbaren Stippen gezählt werden. Die Probe muß mehrere Male in dieser Weise untersucht werden, indem die Stärke jedesmal durchgemischt und die Stippen von neuem gezählt werden. Die jedesmal gefundene Zahl wird auf die Menge in einem Quadratdezimeter umgerechnet und das Mittel aus den erhaltenen Zahlen gezogen.

Saare fand z. B. auf einer Fläche von 76 : 26,5 = 2014 qmm $12 + 22 + 17 + 17 + 18 = \frac{86}{5} = 17$ Stippen, auf 1 qdcm also 5 . 17 = 85 Stippen.

Nach Saare hatte Superior-Stärke 15—28 Stippen auf 1 qdcm, Primastärke 145—418 Stippen und Stärke, welche wegen Stippenreichtum nicht mehr als Primaware beurteilt wurde, 700—800 Stippen.

Die Bestimmung des Wassergehaltes der Stärke.

a) **Aus dem spezifischen Gewicht der Stärke nach Saare.** (Abb. 4.) Die Methode gründet sich darauf, daß nach zahlreichen Versuchen Kartoffelstärke verschiedener Herkunft auf absolute Trockensubstanz bezogen stets dasselbe spezifische Gewicht von rund 1,65 zeigt, d. h. daß 1 ccm Stärke = 1,65 g wiegt. Enthält nun eine Stärkeprobe 20% Wasser, so hat man in 100 g derselben 80 g absolut trockene Stärke, diese haben einen Rauminhalt von $\frac{80 \cdot 100}{165} = 48{,}5$ ccm; bringt man dieselben also in einen 250 ccm fassenden Kolben und füllt mit Wasser bis zur Marke auf, so sind in dem Kolben 250 — 48,5 = 201,5 ccm oder g Wasser also mit der Stärke 201,5 + 80 = 281,5 g.

Berechnet man in dieser Weise für jeden beliebigen Wassergehalt einer Kartoffelstärke das Gewicht, welches man erhält, wenn man 100 g der Stärke mit Wasser auf das Volumen von 250 ccm bringt, so ergibt sich die umstehende Tabelle.

Ausführung. In einer tarierten Porzellanschale werden genau 100 g der zu untersuchenden Stärke abgewogen und soviel Wasser (am besten destilliertes oder Kondensationswasser) von 14° R. zugegeben, daß sich die Stärke zu einer leichtflüssigen Milch aufrühren läßt. (Bei Kartoffelstärke empfiehlt es sich, die Milch 5—10 Minuten unter öfterem Rühren stehen zu lassen, damit alle Klümpchen zerfallen.) Die Milch wird — am Glasstabe entlang laufend — durch einen Trichter in einen Glaskolben von 250 ccm Inhalt gegossen und die Schale mit Wasser von 14° R. nachgespült und alles ohne Verlust in den Kolben gebracht. Dann wird Wasser von 14° R. nachgefüllt bis zu der am Kolbenhalse angebrachten Marke, so zwar, daß der unterste Punkt des den Rand der Flüssigkeit bildenden Halbkreises genau mit der Marke zusammenfällt. Der Kolben wird dann mit Inhalt gewogen und von dem erhaltenen Gewicht das ein für allemal festgestellte Gewicht des ganz trockenen Kolbens abgezogen. Die erhaltene Zahl gestattet dann, aus der nachstehenden Tabelle direkt den Wassergehalt der Stärke abzulesen.

Die Methode gibt auf halbe Prozente richtige Resultate. Genauer wird sie noch, wenn man den Kolben nach dem ungefähren Auffüllen ½ Stunde in ein größeres Gefäß mit Wasser von 14° R. setzt und erst nach Verlauf dieser Zeit genau auf die Marke mit Wasser, wie angegeben, auffüllt.

Sie gilt nur für Stärke aus Kartoffeln. (Der dazu erforderliche Apparat wird durch die Glasbläserei des Vereins der Spiritusfabrikanten geliefert.)

(Siehe Tabelle S. 62.)

Gefundenes Gewicht g	Wassergehalt der Stärke %	Gefundenes Gewicht g	Wassergehalt der Stärke %	Gefundenes Gewicht g	Wassergehalt der Stärke %
289,40	0	281,10	21	273,25	41
289,00	1	280,75	22	272,85	42
288,60	2	280,35	23	272,45	43
288,20	3	279,95	24	272,05	44
287,80	4	279,55	25	271,65	45
287,40	5	279,15	26	271,25	46
287,05	6	278,75	27	270,90	47
286,65	7	278,35	28	270,50	48
286,25	8	277,95	29	270,10	49
285,85	9	277,60	30	269,70	50
285,45	10	277,20	31	269,30	51
285,05	11	276,80	32	268,90	52
284,65	12	276,40	33	268,50	53
284,25	13	276,00	34	268,10	54
283,90	14	275,60	35	267,75	55
283,50	15	275,20	36	267,35	56
283,10	16	274,80	37	266,95	57
282,70	17	274,40	38	266,55	58
282,30	18	274,05	39	266,15	59
281,90	19	273,65	40	265,75	60
281,50	20				

b) **Durch Destillation nach J. F. Hoffmann.** Die Abbildung des Apparates und die Beschreibung der Methode siehe S. 11.

c) **Aus dem durch Stärke beeinflußten spezifischen Gewicht von Alkohol nach Scheibler.** Die Methode gründet sich darauf, daß 1 Teil Stärke von 11,4% Wasser und 2 Teile Alkohol von 0,8339 spez. Gew. sich beim Mischen indifferent verhalten, wasserreichere Stärke aber an den Alkohol Wasser abgibt, und trocknere dem Alkohol Wasser entzieht.

Die Ausführung geschieht in der Weise, daß 41,7 g Stärke abgewogen und in einem gut verschließbaren Glase mit 100 ccm Alkohol von 90° Tr. = 83,39 g absolutem Alkohol geschüttelt, nach einstündigem Stehen und mehrmaligem Schütteln durch ein trockenes Filter filtriert werden, und der Alkoholgehalt des Filtrates mit einem Volum-Alkoholometer bestimmt wird. Die Ausführung soll bei einer Temperatur von 15,55° C. geschehen.

Der Wassergehalt wird aus folgender Tabelle abgelesen:

Scheiblers Tabelle zur Ermittlung des Wassergehaltes der Stärke aus dem spezifischen Gewicht, welches Alkohol vom spez. Gew. 0,8339 zeigt, nachdem 2 Gew.-Tle. desselben mit 1 Gew.-Tl. Stärkemehl in Berührung gewesen sind.

Wassergehalt der Stärke %	Spezifisches Gewicht des Alkohols	Wassergehalt der Stärke %	Spezifisches Gewicht des Alkohols	Wassergehalt der Stärke %	Spezifisches Gewicht des Alkohols
0	0,8226	22	0,8455	44	0,8643
1	0,8234	23	0,8465	45	0,8651
2	0,8243	24	0,8474	46	0,8658
3	0,8253	25	0,8484	47	0,8665
4	0,8262	26	0,8493	48	0,8673
5	0,8271	27	0,8502	49	0,8680
6	0,8281	28	0,8511	50	0,8688
7	0,8291	29	0,8520	51	0,8695
8	0,8300	30	0,8529	52	0,8703
9	0,8311	31	0,8538	53	0,8710
10	0,8323	32	0,8547	54	0,8716
11	0,8335	33	0,8555	55	0,8723
12	0,8346	34	0,8563	56	0,8731
13	0,8358	35	0,8571	57	0,8738
14	0,8370	36	0,8579	58	0,8745
15	0,8382	37	0,8587	59	0,8753
16	0,8394	38	0,8595	60	0,8760
17	0,8405	39	0,8603	61	0,8767
18	0,8416	40	0,8612	62	0,8775
19	0,8426	41	0,8620	63	0,8783
20	0,8436	42	0,8627	64	0,8791
21	0,8446	43	0,8635	65	0,8798

Die Prüfung der feuchten Stärke auf Reinheit.

Prima feuchte Stärke muß nach den Normen für den Handel mit feuchter Stärke reingewaschen sein. Eine ungenügend gewaschene Stärke hat ein graues bis bräunliches Aussehen, welches durch einen mehr oder weniger großen Gehalt von Fruchtwasser bedingt wird.

Die Prüfung der Stärke geschieht in der Weise, daß man ein Teil Stärke mit 3 Teilen Wasser im Glaszylinder gut schüttelt und sie dann absitzen läßt. Bei reingewaschener Stärke bleibt das über der Stärke befindliche Wasser meist rein und klar, bei schlechtgewaschener Stärke wird das Wasser mehr oder weniger schmutzig und erhält suspendierte Stoffe (Eiweiß, Flocken).

Nach Arthur Meyer schüttelt man die Stärke mit dem doppelten Volumen

Ammoniakflüssigkeit (2 g Ammoniak auf 100 g Wasser). Bei Gegenwart von viel Fruchtwasser wird die Flüssigkeit stark braun gefärbt.

Die Prüfung der Schlammstärke auf technisch gewinnbare Stärke.

Durch Sieben und Schlämmen kann man aus einer schlecht gearbeiteten Schlammstärke mehr oder weniger gute Stärke gewinnen.

Die Bestimmung der gewinnbaren Stärke wird nach Saare wie folgt ausgeführt:

a) 100 g Schlammstärke werden durch ein grobes Haarsieb ausgewaschen, das durch das Sieb gegangene Wasser mit der Stärke wird durch ein mit Seidengaze Nr. 15 bespanntes Sieb nachgewaschen und in einen großen Zylinder gegossen. Hier setzt die Stärke sich ab, das darüberstehende Wasser wird abgehebert, der Rückstand mit reinem, schwach schwefelsäurehaltigem Wasser aufgerührt und eine Stunde der Ruhe überlassen. Darauf wird das über der abgesetzten Stärke befindliche Wasser abgehebert und die noch nicht genügend reine Stärke in einem kleineren Zylinder mit reinem Wasser gewaschen. Nach dem Abhebern der Flüssigkeit wird die Stärke auf einem Filter gesammelt, das Papier abgezogen, schwach zwischen Filtrierpapier abgedrückt und als feuchte Stärke (50% Wasser) gewogen.

Geben 100 g Schlammstärke 82 g feuchte Stärke, so enthielt die Schlammstärke 82% technisch gewinnbare Stärke.

b) 250 g Schlammstärke werden durch ein Haarsieb abgesiebt (grobe Pülpe bleibt zurück), die Flüssigkeit durch ein Feinsieb (Seidengaze Nr. 15) gegossen und nachgespült (feine Faser und gröberer Sand bleiben zurück). Die Stärkemilch wird in einem weiten, schräg gestellten Glaszylinder mittelst eines an der Oberfläche eingeführten Glasrohres durch Druckluft stark in Bewegung gesetzt. Die Stärke setzt sich im Winkel des Zylinderbodens ab. Nach einiger Zeit wird die Flüssigkeit abgegossen, die Stärke gesammelt, das Abgegossene wieder mit Luft bewegt und dieses und das Abgießen solange fortgesetzt, bis sich keine Stärke mehr absetzt (oder nur Spuren), dann wird die Flüssigkeit mit Natronlauge versetzt und ebenso verfahren. Alle abgesetzte Stärke wird vereinigt auf ein Filter gegeben und offen über Nacht aufgestellt. Am nächsten Tage wird das Filter abgesogen und die Stärke als feuchte Stärke gewogen.

Geben 250 g Schlammstärke 205 g feuchte Stärke, so enthielt die Schlammstärke: $\frac{205 \cdot 100}{250} = 82\%$ technisch gewinnbare Stärke.

Die Bestimmung der auswaschbaren Stärke in der Pülpe.

Diese Bestimmung ist für eine Betriebskontrolle von größter Wichtigkeit, da hierdurch nicht nur die Betriebsführung, sondern auch die Leistungsfähigkeit der Auswaschapparate kontrolliert werden kann.

Die Ausführung der Bestimmung siehe bei Apparat zur Bestimmung der auswaschbaren Stärke auf S. 15.

Nach Saare soll bei guter Arbeit in der Pülpe aus 100 Ztr. Kartoffeln nicht mehr als 0,3 Ztr. auswaschbare, feuchte Stärke bei großen Betrieben gefunden werden, bei kleinen Betrieben nicht mehr als 0,5 Ztr. Bei der Berechnung kann man entweder 1. davon ausgehen, daß 100 Ztr. Kartoffeln durchschnittlich ca. 75 Ztr. frische Pülpe (mit 6% Trockensubstanz) liefern, oder 2. man bestimmt, wie auf S. 16 angegeben, den Trockensubstanzgehalt der Pülpe und schätzt nach dem äußeren Anblick die Feinheit der Pülpe. Letztere Schätzung wird in der Weise ausgeführt, daß man in einem Glaszylinder Pülpe mit Wasser übergießt und umschüttelt. Die Größe der Schwarten, Stücken usw. in der Pülpe kann man auf diese Weise besser beurteilen und je nach ihrer Feinheit auf feine, mittelfeine oder grobgeriebene Pülpe schließen.

Nach Saares Untersuchungen gaben im Durchschnitt 100 Ztr. Kartoffeln:

feingerieben	3,5 Ztr.	wasserfreie	völlig	ausgewaschene	Pülpe	
mittelfein	4,5 „	„	„	„	„	
grobgerieben	5,5 „	„	„	„	„	

Berechnung 1. 1 kg frische Pülpe gab 10 g auswaschbare feuchte Stärke
1 Ztr. = 50 „ „ „ = 500 „ „ „ „
100 Ztr. Kartoffeln = 75 Ztr. „ „ = 37500 „ = 37,5 kg = 0,75 Ztr. „

Berechnung 2. 50 g frische Pülpe gaben in einer Porzellanschale bei 105° getrocknet 10,1 g Trockensubstanz = 20,2%.
1 kg frische Pülpe gaben 21,8 g auswaschbare, feuchte Stärke (mit 50% Wasser) = 10,9 g wasserfreie = 1,1%.

Die Pülpe enthält also 20,2—1,1 = 19,1% völlig ausgewaschene Pülpe-Trockensubstanz.

Nach der äußeren Schätzung war die Pülpe mittelfein gerieben.

19,1 kg ausgewaschene Pülpe = 2,2 kg auswaschbare feuchte Stärke
also 4,5 „ „ „ = 0,52 „ „ „ „

Aus 100 Ztr. Kartoffeln können durch vollständiges Auswaschen 0,52 Ztr. feuchte Stärke mehr gewonnen werden.

B. Chemische Untersuchungen.

Die Bestimmung der Trockensubstanz der Kartoffeln.

Diese Bestimmung wird in der Weise ausgeführt, daß ein Quantum reiner Kartoffeln von ca. 1 kg genau abgewogen, in feine Scheiben geschnitten und bei einer Temperatur von 60—80° C. getrocknet wird. Die getrocknete Masse bleibt mehrere Stunden (über Nacht z. B.) an der Luft stehen, damit sie sich mit hygroskopischer Feuchtigkeit sättigt, und wird dann gewogen. Geben z. B. 1000 g Kartoffeln 279,2 g Rückstand, so ist die Lufttrockensubstanz $\frac{279,2}{10} = 27,92\,\%$.
Die Lufttrockensubstanz wird dann mittelst einer Handmühle schnell fein gemahlen und im verschlossenen Gefäß aufbewahrt. Ca. 10 g davon werden in einem

Wägegläschen (Abb. 8) abgewogen und in einem Trockenschrank (Abb. 6) 4 Stunden bei 105° C. getrocknet, dann im Exikkator (Abb. 7) abgekühlt und wieder gewogen. Die ersten beiden Wägungen (1000 g und 279,2 g) werden auf der Tarierwage (Abb. 2), die anderen Wägungen auf der chemischen Wage (Abb. 3) ausgeführt.

Gaben z. B. 9,607 g lufttrockene Substanz 8,777 g absolute Trockensubstanz, so sind in der lufttrockenen Substanz $\frac{8,777 \cdot 100}{9,607} = 91,36\,\%$ wasserfreie Substanz enthalten, und die Kartoffeln enthalten dann $\frac{27,92 \cdot 91,36}{100} = 25,51\,\%$ absolute Trockensubstanz und $100 - 25,51 = 74,49\,\%$ Wasser.

Die Bestimmung des Zuckergehaltes der Kartoffeln.

Die Kartoffeln enthalten wechselnde Mengen von Traubenzucker und Rohrzucker. Dieser Gehalt an Zucker muß bei der chemischen Bestimmung der Stärke in den Kartoffeln berücksichtigt, d. h. von der gefundenen Stärkemenge in Abzug gebracht werden. Die Bestimmung von Zucker wird meist unter Anwendung von Fehlingscher Kupferlösung vorgenommen. Da aber Rohrzucker erst mittelst Salzsäure invertiert werden müßte, und hierbei noch andere Stoffe (z. B. Pektinkörper), welche in der Kartoffel enthalten sind, Kupfer reduzierende Stoffe bilden, so ist diese Methode hier wenig geeignet. Saare hat daher folgenden Weg eingeschlagen:

1000 g Kartoffeln werden auf einem gewöhnlichen Küchenreibeisen gerieben, die Masse in ein Preßtuch gefüllt und auf einer gewöhnlichen Handpresse abgepreßt. Der abgelaufene Saft wird filtriert. Von dem Filtrat werden 200 g mit 1 ccm Normalschwefelsäure (= 0,04 g SO_3) versetzt, einmal aufgekocht (um die Bakterien zu töten), gekühlt und mit 2 g Reinhefe oder Preßhefe bei Zimmertemperatur der Gärung überlassen. Nach Beendigung derselben (17—18 Stunden) werden von dem gesamten Inhalt des Gärkolbens etwa 100 g abdestilliert, auf 100 g aufgefüllt und darin pyknometrisch oder mit einer Alkoholspindel der Alkohol bestimmt. Gaben z. B. 200 g Kartoffelsaft 100 g Destillat von dem spezifischen Gewicht 0,99463 bei 15° C., so enthalten die 100 g = 2,94 g Alkohol (nach K. Windisch, Tabelle zur Ermittlung des Alkoholgehaltes von Alkohol-Wassermischungen. Berlin, J. Springer, 1893) oder 100 g Saft lieferten 1,47 g Alkohol. Theoretisch geben 100 g Dextrose = 48,67 g Alkohol (nach Jodlbaur), es entspricht also 1 g Alkohol = 2,055 g Dextrose, also 1,47 g Alkohol = 3,02 g Dextrose in 100 g Saft. Zur Feststellung des Zuckergehaltes (als Dextrose berechnet) der Kartoffeln muß noch der Gehalt des Saftes an Trockensubstanz und der Trockensubstanzgehalt der Kartoffeln (siehe oben) bekannt sein.

Die Bestimmung der Trockensubstanz des Kartoffelsaftes ist folgende: Etwa 10 g Saft wägt man im Wägegläschen ab und trocknet bei 105° C. bis zur Gewichtskonstanz. Gaben 10,1105 g Saft = 0,5925 g Rückstand, so enthält der Saft 5,86 % Trockensubstanz oder 94,14 g Wasser.

Zu diesen gehören 3,02 g Zucker (Dextrose). Enthielten 100 g Kartoffeln 25,51 g Trockensubstanz oder 74,49 g Wasser, so entsprechen diesen im Saft $\frac{74{,}49 \cdot 3{,}02}{94{,}14}$ g = 2,39 g Zucker, d. h. die Kartoffeln enthalten 2,39 % Zucker (Dextrose).

Die Bestimmung des Fasergehaltes der Kartoffeln.

Bei der Berechnung des mutmaßlichen Verlustes an Stärke in der Pülpe ist es wünschenswert, den Fasergehalt der Kartoffeln zu kennen. Diese Bestimmung wird nach Saare wie folgt ausgeführt:

3 g der feingemahlenen, lufttrockenen Kartoffeln werden mit 50 ccm Wasser und 5 ccm Malzauszug (200 g Malzschrot mit 1 l Wasser ca. 1 Stunde unter Umschütteln behandelt und blank filtriert) bei 70° C. verflüssigt, im Dampftopf (Abb. 22) auf 3,5 Atmosphären gebracht und 15 Minuten dabei gehalten, noch heiß heraus in ein Wasserbad von 60° C. gebracht und mit 10 ccm Malzauszug verzuckert, bis mikroskopisch keine Stärke mehr nachweisbar ist. Dann wird auf gewogenem Filter filtriert, mit heißem Wasser gewaschen und bei 105° getrocknet und gewogen. 50 ccm Malzauszug werden ganz gleich behandelt und der zehnte Teil der Zahl des gefundenen Rückstandes von der gewogenen Fasermenge abgerechnet. Geben z. B. 3 g = 0,1675 g Rückstand, 50 ccm Malzauszug = 0,1150 g Rückstand, so ist der Fasergehalt 0,1675 — 0,0115 = 0,1560 g = 5,2 % in lufttrockener Substanz, oder, da die Kartoffel 27,92 % lufttrockene Substanz hatte, 1,45 % der Kartoffeln.

Die Bestimmung der Stärke in den Kartoffeln.

Die chemische Bestimmung der Stärke gründet sich auf die Umwandlung der Stärke in Zucker und die Ermittlung der letzteren durch Reduktion mit alkalischer Kupferlösung (Zusammensetzung siehe unten). Da außer Zucker noch andere Stoffe wie z. B. Pentosane als Zucker mitbestimmt werden, so ist die Methode nicht völlig einwandfrei. Bisher ist eine bessere Methode aber noch nicht genügend ausprobiert, so daß man vorläufig mit den Mängeln der Methode vorlieb nehmen muß. Die Mängel lassen sich nach Lintner etwas verringern, indem man die Pentosane bestimmt und diesen Wert von dem Stärkewert abzieht. Die Umwandlung der Stärke in Zucker kann auf zweifache Weise geschehen, entweder a) durch Hydrolyse der Stärke mit Salzsäure, oder b) durch die Einwirkung von Enzymen auf Stärke.

a) Hydrolyse der Stärke mit Salzsäure und Reduktion nach dem Hochdruckverfahren von Reinke. 3 g der lufttrockenen Substanz werden im Metallbecher des Soxhletschen Apparates (Abb. 22) mit 25 ccm 1prozentiger Milchsäure und 30 ccm Wasser angerührt (nach Wiley ist es besser 50 ccm Wasser mit 0,5 g Salizylsäure anzuwenden) und zugedeckt im Soxhletschen Dampftopf 2,5 Stunden auf 3,5 Amosphären erhitzt, dann nach dem Erkalten auf 250 ccm aufgefüllt und filtriert. 200 ccm des Filtrats werden mit 15 ccm

5*

Salzsäure (spezifisches Gewicht 1,125) versetzt und in einem Erlenmeyer-Kolben mit aufgesetztem 0,5—1 m langem Glasrohr im kochenden Wasserbade 2,5 Stunden erhitzt. Durch das Aufschließen im Dampftopf und das Kochen mit Salzsäure wird alle Stärke (nach Lintner aber auch ein Teil der gummiartigen Stoffe) und Rohrzucker invertiert, d. h. in Traubenzucker (Dextrose) verwandelt. Die invertierte Flüssigkeit wird nach dem Erkalten mit Natronlauge fast neutralisiert, auf 250 ccm aufgefüllt und in 25 ccm dieser verdünnten Flüssigkeit die Dextrose in folgender Weise nach Allihn bestimmt: Aus einer Vollpipette werden 25 ccm der Dextroselösung, welche nicht mehr als 1% Dextrose enthalten darf, in eine mit Griff versehene Porzellanschale innerhalb 1 Minute gelassen. In der Porzellanschale sind kurz vor dem Zufließenlassen der 25 ccm Dextroselösung 60 ccm Fehlingsche Lösung (siehe unten) und 60 ccm Wasser zum Sieden gebracht. Nach dem Zulassen der Dextroselösung wird die Flüssigkeit noch genau 2 Minuten im Sieden erhalten, dann durch ein aschefreies Filter filtriert, mit heißem Wasser bis zum Verschwinden der alkalischen Reaktion ausgewaschen und das Filter mit Inhalt in einem gewogenen Platintiegel verbrannt. Der Tiegel wird dann mit einem durchlochten Platindeckel bedeckt, unter Einleiten von gereinigtem, trockenem Wasserstoffgas 10 Minuten geglüht und 10 Minuten im Wasserstoffstrom erkalten gelassen. Dann bestimmt man das Gewicht des reduzierten Kupfers, indem man von dem Gewicht des Tiegels mit Inhalt das Leergewicht des Tiegels abzieht. Für das Filter zieht man ein bestimmtes, von Zeit zu Zeit durch Filtrieren unreduzierter Fehlingscher Lösung unter gleichen Verhältnissen und Reduktion des vom Papier zurückgehaltenen Kupfers festgestelltes Gewicht (etwa 2 mg) ab. Da eine bestimmte Menge Dextrose unter Einhaltung bestimmter Verdünnungen und bei gleicher Ausführungsart eine bestimmte Menge Kupferoxydul aus einer solchen Lösung abscheidet, so gestattet die Menge des bestimmten Kupfers einen Rückschluß auf die Menge der vorhanden gewesenen Dextrose. Da 90 Teile Stärke 100 Teilen Dextrose entsprechen, so gibt die mit $^9/_{10}$ multiplizierte Menge gefundener Dextrose den der bestimmten Dextrosemenge entsprechenden Stärkewert. Von Allihn ist nachfolgende Tafel zur Ermittlung des Traubenzuckers (Dextrose) aus dem reduzierten Kupfer ausgearbeitet, aus welcher die zu der gefundenen Kupfermenge gehörige Traubenzuckermenge abgelesen wird.

(Siehe Tabelle S. 69 u. 70.)

Die alkalische Kupferlösung (Fehlingsche Kupferlösung), welche zuerst von Trommer, später hauptsächlich von Fehling u. a. benutzt wurde, ist eine stark alkalische, tiefblaue Flüssigkeit, welche durch Vermischen von Kali- oder Natronlauge mit den wässerigen Auflösungen von Kupfersulfat und Kaliumnatriumtartrat (Seignettesalz) dargestellt wird. Das in dieser Flüssigkeit enthaltene Kupferoxyd erleidet durch die Einwirkung des Traubenzuckers beim Erhitzen sofort eine Veränderung, indem unlösliches, rotes Kupferoxydul ausgeschieden und die blaue Flüssigkeit gleichzeitig teilweise oder vollständig entfärbt wird. Die Herstellung der Lösung geschieht in der Weise, daß eine Kupferlösung und eine Seignettesalzlösung bereitet und von beiden Lösungen gleiche Mengen (je 30 ccm)

Kupfer mg	Traubenzucker mg	Kupfer mg	Traubenzucker mg	Kupfer mg	Traubenzucker mg	Kupfer mg	Traubenzucker mg	Kupfer mg	Traubenzucker mg	Kupfer mg	Traubenzucker mg	Kupfer mg	Traubenzucker mg
10	6,1	50	25,9	90	45,9	130	66,2	170	86,9	210	107,9	250	129,2
11	6,6	51	26,4	91	46,4	131	66,7	171	87,4	211	108,4	251	129,7
12	7,1	52	26,9	92	46,9	132	67,2	172	87,9	212	109,0	252	130,3
13	7,6	53	27,4	93	47,4	133	67,7	173	88,5	213	109,5	253	130,8
14	8,1	54	27,9	94	47,9	134	68,2	174	89,0	214	110,0	254	131,4
15	8,6	55	28,4	95	48,4	135	68,8	175	89,5	215	110,6	255	131,9
16	9,0	56	28,8	96	48,9	136	69,3	176	90,0	216	111,1	256	132,4
17	9,5	57	29,3	97	49,4	137	69,8	177	90,5	217	111,6	257	133,0
18	10,0	58	29,8	98	49,9	138	70,3	178	91,1	218	112,1	258	133,5
19	10,5	59	30,3	99	50,4	139	70,8	179	91,6	219	112,7	259	134,1
20	11,0	60	30,8	100	50,9	140	71,3	180	92,1	220	113,2	260	134,6
21	11,5	61	31,3	101	51,4	141	71,8	181	92,6	221	113,7	261	135,1
22	12,0	62	31,8	102	51,9	142	72,3	182	93,1	222	114,3	262	135,7
23	12,5	63	32,3	103	52,4	143	72,9	183	93,7	223	114,8	263	136,2
24	13,0	64	32,8	104	52,9	144	73,4	184	94,2	224	115,3	264	136,8
25	13,5	65	33,3	105	53,5	145	73,9	185	94,7	225	115,9	265	137,3
26	14,0	66	33,8	106	54,0	146	74,4	186	95,2	226	116,4	266	137,8
27	14,5	67	34,3	107	54,5	147	74,9	187	95,7	227	116,9	267	138,4
28	15,0	68	34,8	108	55,0	148	75,5	188	96,3	228	117,4	268	138,9
29	15,5	69	35,3	109	55,5	149	76,0	189	96,8	229	118,0	269	139,5
30	16,0	70	35,8	110	56,0	150	76,5	190	97,3	230	118,5	270	140,0
31	16,5	71	36,3	111	56,5	151	77,0	191	97,8	231	119,0	271	140,6
32	17,0	72	36,8	112	57,0	152	77,5	192	98,4	232	119,6	272	141,1
33	17,5	73	37,3	113	57,5	153	78,1	193	98,0	233	120,1	273	141,7
34	18,0	74	37,8	114	58,9	154	78,6	194	99,4	234	120,7	274	142,2
35	18,5	75	38,3	115	58,6	155	79,1	195	100,0	235	121,2	275	142,8
36	18,9	76	38,8	116	59,1	156	79,6	196	100,5	236	121,7	276	143,3
37	19,4	77	39,3	117	59,6	157	80,1	197	101,0	237	122,3	277	143,9
38	19,9	78	39,8	118	60,1	158	80,7	198	101,5	238	122,8	278	144,4
39	20,4	79	40,3	119	60,6	159	81,2	199	102,0	239	123,4	279	145,0
40	20,9	80	40,8	120	61,1	160	81,7	200	102,6	240	123,9	280	145,5
41	21,4	81	41,3	121	61,6	161	82,2	201	103,1	241	124,4	281	146,1
42	21,9	82	41,8	122	62,1	162	82,7	202	103,7	242	125,0	282	146,6
43	22,4	83	42,3	123	62,6	163	83,3	203	104,2	243	125,5	283	147,2
44	22,9	84	42,8	124	63,1	164	83,8	204	104,7	244	126,0	284	147,7
45	23,4	85	43,4	125	63,7	165	84,3	205	105,3	245	126,6	285	148,3
46	23,9	86	43,9	126	64,2	166	84,8	206	105,8	246	127,1	286	148,8
47	24,4	87	44,4	127	64,7	167	85,3	207	106,3	247	127,6	287	149,4
48	24,9	88	44,9	128	65,2	168	85,9	208	106,8	248	128,1	288	149,9
49	25,4	89	45,4	129	65,7	169	86,4	209	107,4	249	128,7	289	150,5

Kupfer mg	Traubenzucker mg	Kupfer mg	Traubenzucker mg	Kupfer mg	Traubenzucker mg	Kupfer mg	Traubenzucker mg	Kupfer mg	Traubenzucker mg	Kupfer mg	Traubenzucker mg
290	151,0	320	167,5	350	184,3	380	201,4	410	218,7	440	236,3
291	151,6	321	168,1	351	184,9	381	202,0	411	219,3	441	236,9
292	152,1	322	168,6	352	185,4	382	202,5	412	219,9	442	237,5
293	152,7	323	169,2	353	186,0	383	203,1	413	220,4	443	238,1
294	153,2	324	169,7	354	186,6	384	203,7	414	221,0	444	238,7
295	153,8	325	170,3	355	187,2	385	204,3	415	221,6	445	239,3
296	154,3	326	170,9	356	187,7	386	204,8	416	222,2	446	239,8
297	154,9	327	171,4	357	188,3	387	205,4	417	222,8	447	240,4
298	155,4	328	172,0	358	188,9	388	206,0	418	223,3	448	241,0
299	156,0	329	172,5	359	189,4	389	206,5	419	223,9	449	241,6
300	156,5	330	173,1	360	190,0	390	207,1	420	224,5	450	242,2
301	157,1	331	173,7	361	190,6	391	207,7	421	225,1	451	242,8
302	157,6	332	174,2	362	191,1	392	208,3	422	225,7	452	243,4
303	158,2	333	174,8	363	191,7	393	208,8	423	226,3	453	244,0
304	158,7	334	175,3	364	192,3	394	209,4	424	226,9	454	244,6
305	159,3	335	175,9	365	192,9	395	210,0	425	227,5	455	245,2
306	159,8	336	176,5	366	193,4	396	210,6	426	228,0	456	245,7
307	160,4	337	177,0	367	194,0	397	211,2	427	228,6	457	246,3
308	160,9	338	177,6	368	194,6	398	211,7	428	229,2	458	246,9
309	161,5	339	178,1	369	195,1	399	212,3	429	229,8	459	247,5
310	162,0	340	178,7	370	195,7	400	212,9	430	230,4	460	248,1
311	162,6	341	179,3	371	196,3	401	213,5	431	231,0	461	248,7
312	163,1	342	179,8	372	196,8	402	214,1	432	231,6	462	249,3
313	163,7	343	180,4	373	197,4	403	214,6	433	232,2	463	249,9
314	164,2	344	180,9	374	198,0	404	215,2	434	232,8		
315	164,8	345	181,5	375	198,6	405	215,8	435	233,4		
316	165,3	346	182,1	376	199,1	406	216,4	436	233,9		
317	165,9	347	182,6	377	199,7	407	217,0	437	234,5		
318	166,4	348	183,2	378	200,3	408	217,5	438	235,1		
319	167,0	349	183,7	379	200,8	409	218,1	439	235,7		

mit 60 ccm Wasser in einer Porzellanschale gemischt werden. Die Kupfer- und Seignettesalzlösung müssen getrennt aufbewahrt werden. Zur Bereitung der Kupferlösung werden chemisch reines Kupfervitriol des Handels einmal aus verdünnter Salpetersäure, dreimal aus Wasser umkristallisiert, zwischen Filtrierpapier trocken gepreßt und 12 Stunden an der Luft liegen gelassen. Von diesem Kupfervitriol werden 69,278 g in Wasser gelöst und zu 1000 ccm aufgefüllt. Zur Bereitung der Seignettesalzlösung werden 346 g Seignettesalz und 100 g Natriumhydrat in Wasser gelöst und zu 1000 ccm aufgefüllt.

Die Berechnung des Stärkewertes: 2490 g Kartoffeln geben 783,0 g lufttrockene Substanz = 31,45 %. Davon geben 5,1620 g bei 105° C. getrocknet 4,5495 g = 88,13 % absolute Trockensubstanz. In der frischen Kartoffel sind demnach $\frac{31,45 \cdot 88,13}{100}$ = 27,72 % Trockensubstanz enthalten. 3 g lufttrockene Substanz waren auf 250 ccm aufgefüllt, davon waren 200 ccm invertiert und zu 250 ccm aufgefüllt, davon wurden 25 ccm reduziert (Faktor 375). Die gefundene Kupfermenge im Mittel von 2 Bestimmungen betrug 0,3389 g Kupfer

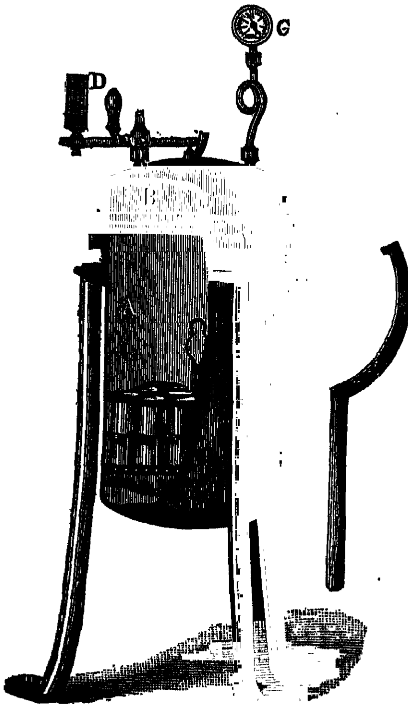
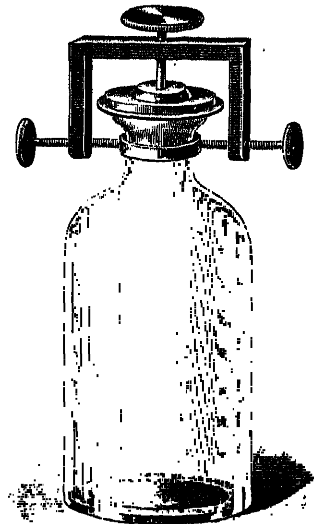


Abb. 22. Soxhlets Dampftopf.


Abb. 23. Druckflasche.

= 0,17855 g Dextrose = 0,17805 . 10 . $\frac{250}{200} \cdot \frac{100}{3}$ Dextrose . $\frac{9}{10}$ = 0,17805 . 375 = 66,8 % Stärkewert in der lufttrockenen Substanz, in absoluter Trockensubstanz also $\frac{66,8 \cdot 100}{88,13}$ = 75,8 % und in der frischen Kartoffel $\frac{75,8 \cdot 27,72}{100}$ = 21,0 % Stärkewert.

Der Soxhletsche Dampftopf wird durch Abb. 22 dargestellt. Der obere Teil B des Apparates wird durch ein großes Gewinde dampfdicht auf den unteren Teil A aufgeschraubt und in letzterem werden auf passenden Zwischenböden die

Metallbecher, in welchen sich die Substanz befindet, aufgestellt. Die Metallbecher werden bedeckt gehalten, weil die im Innern wärmer bleibende Flüssigkeit beim Abkühlen zum Sieden kommt und ein Verspritzen verursachen kann. Glasgefäße verwende man nicht, da diese beim Hochdruck im Dampftopf leicht springen.

Wenn man keinen Dampftopf besitzt, kann man den Hochdruck auch in den Lintnerschen Druckflaschen (Abb. 23) erzeugen. Diese Flaschen werden in ein Paraffinbad oder, reinlicher, in ein Luftbad mit Thermoregulator gestellt.

b) **Hydrolyse der Stärke mit Salzsäure und Reduktion nach Liebermann.** 10 g der feingemahlenen Substanz werden in Erlenmayer-Kolben mit 200 ccm Wasser und 15 ccm Salzsäure (Spez. Gew. 1,125) 2,5 Stunden im kochenden Wasserbade invertiert, annähernd mit Natronlauge neutralisiert und auf 1000 ccm aufgefüllt. In 25 ccm des Filtrats wird die Dextrose wie oben bestimmt.

Berechnung des Stärkewertes: 10 g lufttrockene Substanz wurden direkt invertiert, zu 1000 ccm aufgefüllt und davon 25 ccm reduziert. Es wurden erhalten 0,3545 g Kupfer = 0,1869 g Dextrose (Traubenzucker) = $0{,}1869 \,.\, 400 \,.\, \frac{9}{10}$ = 67,3% Stärkewert in der lufttrockenen Substanz = 76,3% in absoluter Trockensubstanz = 21,2% in der frischen Kartoffel.

c) **Diastaseverfahren von Maercker.** 3 g der lufttrockenen Substanz werden mit 100 ccm Wasser 1/2 Stunde gekocht, auf 65° C. abgekühlt und mit 10 ccm Normalmalzextrakt (100 g Malz auf 1 l Wasser 2 Stunden unter Schütteln ausgezogen und klar filtriert) versetzt, etwa 2 Stunden bei 65° C. gehalten, dann nochmals 1/2 Stunde gekocht, wieder auf 65° C. abgekühlt und nochmals etwa 1/2 Stunde mit 10 ccm Malzextrakt bei 65° C. gehalten, dann aufgekocht, abgekühlt und auf 250 ccm aufgefüllt. Hiervon werden 200 ccm abfiltriert und wie oben mit 15 ccm Salzsäure invertiert, neutralisiert, auf 300 ccm gebracht und davon 25 ccm zur Dextrosebestimmung verwendet.

Ferner werden 50 ccm des Malzauszuges mit Wasser und 25 ccm Salzsäure auf 200 ccm verdünnt und gleichwie die Hauptlösung behandelt und endlich auf 250 ccm verdünnt und in 25 ccm die Dextrosemenge bestimmt.

Die Berechnung des Stärkewertes. 25 ccm der Hauptlösung geben 0,2969 g Kupfer = 0,1549 g Dextrose, 25 ccm der Malzauszuglösung geben 0,1545 g Kupfer = 0,0789 g Dextrose. 50 ccm Malzauszug geben demnach 0,0789 . 10 = 0,789 g Dextrose, also entsprechen die angewandten 20 ccm Malzauszug = 0,3156 g Dextrose.

In 300 ccm der Hauptlösung waren $\frac{0{,}1549 \,.\, 12 \,.\, 250}{200}$ = 2,3235 g Dextrose,

also aus lufttrockener Substanz + Malzauszug = 2,3235 g Dextrose
„ Malzauszug . . . . = 0,3156 „ „
aus lufttrockener Substanz = 2,0079 g Dextrose,

also in 100 g lufttrockener Substanz $2{,}0079 \,.\, \frac{9}{10} \,.\, \frac{100}{3}$ = 60,24% Stärkewert, also in der frischen Kartoffel 18,95% Stärkewert.

d) **Vereinigung des Reinke-Maerckerschen Verfahrens** (nach C. Lintner, Zeitschr. f. angew. Chemie 1898, S. 726). 3 g feingemahlene Substanz werden mit 50 ccm Wasser in kochenden Wasserbade sorgfältig verkleistert, auf 70° C. abgekühlt, mit 20 ccm Malzauszug versetzt und 20 Minuten bei 70° C. digeriert, nun 5 ccm einer 1prozentigen Weinsäurelösung zugesetzt und ½ Stunde im Dampftopf auf 3 Atm. erhitzt, abgekühlt auf 70° C. und noch einmal mit 10 ccm Malzauszug digeriert bis zum Verschwinden der Jodreaktion und der Stärkepartikelchen in der Flüssigkeit, aufgefüllt auf 250 ccm und vom Filtrate 200 ccm invertiert usw. wie nach Maercker. (Der Zusatz von Weinsäure soll ebenso wie Milchsäure und Salizylsäure die durch Hochdruck verursachte Karamelbildung der in der Kartoffel vorhandenen Zuckerarten verhindern.)

Die Bestimmung der Pentosane.

Die von Tollens zuerst angegebene Bestimmung der Pentosane beruht auf der Überführung der Pentosane und Pentosen in Furfurol durch Salzsäure und Fällung derselben durch Phloroglucin. Sie wird nach Lintner wie folgt ausgeführt: Man stellt einen 250—350 ccm fassenden Kolben in eine kleine Eisenschale mit 1 ccm tiefer Schicht von Roseschem Metall. Der Kolben trägt einen doppelt durchbohrten Gummistopfen mit einer etwa 50 ccm fassenden Hahnpipette, welche 4 cm tief in den Kolbenhals reicht. Durch die andere Bohrung geht ein mit Kugel versehenes weites Destillationsrohr, das mit einem Kühler verbunden wird. Diesem wird ein Becherglas mit Marke bei 30 ccm vorgelegt. 3—6 g Substanz werden mit 100 ccm Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1,06 (= 12%) im Metallbade so erhitzt, daß in 10—15 Minuten 30 ccm überdestillieren. Man legt ein zweites Becherglas vor, gibt durch die Hahnpipette 30 ccm Salzsäure in den Kolben nach und destilliert wieder 30 ccm ab usw. Die Destillate filtriert man durch ein kleines Filter zur Entfernung übergegangener Fette in ein Becherglas mit Marke bis 400 ccm. Man destilliert, bis 1 Tropfen des Destillats auf mit Anilin-Eisessig (9 : 6) getränktem Papier keine Rotfärbung mehr gibt. Dann setzt man den gesammelten Filtraten die doppelte Menge des zu erwartenden Furfurols an Phloroglucin puriss. Merck. (für Körnerfrüchte 0,3 g) zu, das in einigen Kubikzentimetern Salzsäure gelöst ist und füllt mit 12prozent. Salzsäure auf 400 ccm auf. Man läßt den schwarzen Niederschlag (Phloroglucid) bis zum nächsten Tage absitzen, sammelt ihn auf gewogenem Filter und wäscht mit 150 ccm Wasser, trocknet 3 Stunden bei 105° C. und wägt.

Verfasser hat diese Methode dahin vereinfacht, daß die Salzsäure aus der Hahnpipette ständig in dem Maße zutropft, als sie abdestilliert, und daß das Destillat gleich durch ein kleines Filter in das 400 ccm fassende Becherglas ständig abläuft. Die Endreaktion wird in einem Porzellanschälchen ausgeführt, in das man einen Tropfen des Destillates, einen Tropfen Anilin und einige Tropfen Eisessig gibt.

Um gut übereinstimmende Resultate zu erhalten, muß man durch einen Vorversuch die annähernde Menge der Pentosane feststellen und dann soviel

Substanz verwenden, daß man in derselben nicht über 0,25 g Pentosane hat, d. h. z. B. für Kartoffel mit 3—4% Pentosane etwa 6 g.

Zur Berechnung der erhaltenen Menge Phloroglucid auf Furfurol teilt man das Gewicht desselben mit einer Zahl, welche für 0,2—0,4 Phloroglucid zwischen 1,82 und 1,92 schwankt und multipliziert das erhaltene Furfurol mit 1,84. Die gefundene Zahl ist Pentosan.

Kröber (Journal f. Landwirtschaft 1900, 48, S. 357) hat die Methode nachgeprüft und bringt eine Tafel zur direkten Übertragung von Phloroglucid in Pentosan, aus der folgende Zahlen entnommen sind:

Phloroglucid		Pentosan	Phloroglucid		Pentosan
0,100	=	0,0935	0,210	=	0,1904
0,110	=	0,1023	0,220	=	0,1992
0,120	=	0,1111	0,230	=	0,2081
0,130	=	0,1201	0,240	=	0,2168
0,140	=	0,1288	0,250	=	0,2256
0,150	=	0,1377	0,260	=	0,2343
0,160	=	0,1465	0,270	=	0,2429
0,170	=	0,1554	0,280	=	0,2517
0,180	=	0,1642	0,290	=	0,2605
0,190	=	0,1729	0,300	=	0,2693
0,200	=	0,1817			

Die Bestimmung der Stärke in Kartoffeln durch Auflösung und Polarisation.

Diese Methode beruht darauf, die Stärke als sogenannte lösliche Stärke in Lösung zu bringen, sie zu klären und direkt zu polarisieren.

Die Methode ist mit verschiedenen Variationen von Baudry (Hegers Zeitschr. 1892, S. 78), Szniensky (Ber. d. D. Chem. Ges. 1897, 30; S. 2415 u. 1898, 31; S. 1792), Mayrhofer (Forschungs-Berichte f. Nm. 1896, S. 141), D. Crispo (Zeitschr. f. Unters. d. Nahr.- usw. Mittel 1900, S. 548), H. Weller (Forschungs-Bericht 1896, S. 430) und L. Pellet und Métillon (Bulletin de l'Association des Chimistes de sucrerie et de distillerie 1907, Nr. 12, S. 1720) teils mit teils ohne Erfolg benutzt worden.

Von diesen ist die Baudrysche Methode von Pellet und Métillon als am geeignetsten erkannt und wie folgt abgeändert:

Von einem Dutzend Kartoffeln, die eine mittlere Probe eines geringen Anteils Kartoffeln darstellen, schneidet man Viertelteile ab, so daß man eine mittlere Probe aus etwa 10 oder mehr Kartoffeln von einem Gewicht von ca. 100 g erhält. Dann wird diese Menge in einer Sans-Pareille-Presse in mehreren Portionen gemahlen und das feine Reibsel gut gemischt. Darauf wägt man in einer Schale 5,37 g Reibsel für das französische Saccharometer, 6,32 g für das internationale oder 8,65 g für das deutsche Saccharometer ab. Dieses

Reibsel wird mit einer Spritzflasche mit kaltem Wasser auf einen kleinen Trichter gespült, der nur eine kurze Röhrenfortsetzung besitzt, die mit einem Stopfen aus Glaswolle verschlossen ist. Dann saugt man ab und wäscht mit 20 ccm kalten Wassers nach. Die Operation ist in wenigen Minuten beendet. Durch das Auswaschen sollen die löslichen Kohlehydrate, wie Traubenzucker entfernt werden. Das ausgewaschene Reibsel wird mitsamt der Glaswolle in einen Kolben von 200 ccm gebracht, man fügt soviel Wasser hinzu, daß der Kolben 100 ccm enthält, und nun gibt man 0,5 g Salizylsäure hinzu und erhitzt den mit einem langen Kühlrohr versehenen Kolben 20 Minuten lang im Chlorcalciumbad auf 110—115° C. Hierauf entfernt man den Kolben vom Feuer, füllt beinahe bis zur Marke 200 mit Wasser auf, kühlt ab, fügt 1 ccm Ammoniak zu und füllt genau auf 200 ccm auf. Darauf filtriert man und polarisiert das Filtrat im 200 mm-Rohr, worauf sich der direkte Gehalt an Stärke ergibt.

Die Bestimmung des Wassergehaltes der Stärke.

Bei dieser Bestimmung ist zu unterscheiden zwischen a) feuchter Stärke (sog. grüner Stärke) und b) trockener Stärke (trockene Handelsstärke). Die feuchte Stärke hat ca. 50% Wasser, die trockene Stärke 20% Wasser. Da die Stärke bei dem Erhitzen mit Wasser Kleister bildet und in dieser Form ihren Wassergehalt nur schwer vollständig abgibt, so wird, um die Kleisterbildung zu vermeiden, die Stärke zuerst bei niedrigen Temperaturen vorgetrocknet und dann bei höheren Temperaturen zu Ende getrocknet. Während man zur Bestimmung des Wassergehaltes in anderen Substanzen gewöhnlich eine Temperatur von 100—105° C. anwendet, muß man bei Stärke eine Höchsttemperatur von 120° C. anwenden, da nach den Untersuchungen von Allihn, Maschke und Salomon für Stärke wegen ihrer hohen hygroskopischen Kraft eine Trocknung bei 100 bis 110° C. nicht ausreicht. Die Bestimmung geschieht in folgender Weise:

a) feuchte Stärke. Eine genau gewogene größere Probe ca. 200 g wird in einer Porzellanschale auf einer Darre oder im Wasserbade bei etwa 30° C. ca. 12 Stunden lang getrocknet, dann in ein dichtschließendes Gefäß getan und das Gewicht der so erhaltenen lufttrockenen Stärke genau bestimmt. Von dieser lufttrockenen Stärke werden dann ca. 10 g in einem Wägegläschen (Abb. 8) abgewogen und eine Stunde bei 50° C. im Trockenschrank (Abb. 6) vorgetrocknet. Dann steigert man innerhalb von 30 Minuten die Temperatur auf 120° C. und hält diese Temperatur 4 Stunden lang. Darauf läßt man die Stärke in dem nun mit Deckel verschlossenen Wägegläschen im Exsikator (Abb. 7) erkalten und stellt dann das Gewicht der wasserfreien Stärke fest.

Berechnung: 118,7 g feuchte Stärke geben 72,95 g = 61,46% lufttrockene Stärke; von dieser geben 8,6170 g = 7,2155 g = 83,73% wasserfreie Stärke. Die feuchte Stärke enthält also $\frac{61,46 \,.\, 83,73}{100}$ = 51,46% wasserfreie Stärke oder 100 — 51,46 = 48,54% Wasser.

b) **trockene Stärke.** Eine genau auf der chemischen Wage abgewogene Menge von ca. 10 g werden wie oben bei 50° C. eine Stunde vorgetrocknet, 4 Stunden bei 120° C. zu Ende getrocknet, im Exsikator erkalten gelassen und wieder gewogen.

Berechnung: Gewicht des Wägegläschen mit trockener Stärke = 49,9000 g
„ „ „ leer = 41,2830 „
Gewicht der trockenen Stärke = 8,6170 g
Gewicht des Wägefläschchen mit der Stärke nach dem Trocknen = 48,4985 g
Demnach Wasserverlust = 1,4015 g

8,6170 g trockene Stärke enthalten 1,4015 g Wasser; 100 g Stärke enthalten $\frac{1,4015 \cdot 100}{8,6170}$ = 16,26 g Wasser, oder die Stärke enthält 16,26 % Wasser.

Die Bestimmung der Säure in der Stärke.

Die Säure in der Stärke wird qualitativ und quantitativ bestimmt. Eine Prima-Stärke soll nach den Bestimmungen für den Handel mit Stärke säurefrei sein. Diese Forderung hat ihre Berechtigung, da eine saure Stärke bei gewissen Verwendungsarten der Stärke Schädigungen der Fabrikate veranlassen können. Z. B. macht eine sehr saure Stärke die Gewebe brüchig, gibt einen flüssigen, schwach klebenden Kleister, zerstört resp. verändert zarte, empfindliche Farben. Die Säure in der Stärke kann von einem künstlichen Zusatz (schweflige Säure) herrühren, um das Absitzen und Reinigen der Stärke zu beschleunigen, oder aber die Säure ist organischen Ursprunges, bei Verarbeitung von faulen Kartoffeln. Bei der quantitativen Bestimmung der Säure wird die Säure gewöhnlich als Schwefelsäure SO_3 berechnet.

a) **qualitative Prüfung:** Auf eine glattgestrichene Stärkeprobe werden mittelst eines zur Spitze ausgezogenen Glasrohres 1—3 Tröpfchen einer neutralen Lackmuslösung (siehe S. 22) gebracht und die Farbe der Stärke beobachtet. Ist die Stärke neutral d. h. säurefrei, so erscheint die Stärkeprobe zart blau oder dunkelviolett, ist sie sauer, dann erscheint sie weinrot und bei stark saurer Reaktion wird die Stärke zwiebelrot.

b) **quantitative Prüfung nach Saare:** 25 g Stärke werden mit 25 bis 30 ccm destilliertem Wasser angerührt und unter lebhaftem Rühren mit $^{1}/_{10}$ n-Natronlauge titriert (Abb. 10 u. 11). Zur Feststellung der Endreaktion rührt man eine neutral reagierende Kontrollprobe zu ebenso dicker Stärkemilch an und bringt Tropfen von beiden Proben mit einem Glasstabe auf mehrfach gefaltetes Filtrierpapier und saugt das Wasser ab; dann setzt man aus einem Röhrchen verdünnte Neutral-Lackmuslösung auf die abgesaugte Stärkekuppe und titriert, bis die Färbung beider Proben übereinstimmt. Dann macht man eine zweite Probe, bei der die ganze erforderliche Menge Natronlauge auf einmal zugelassen wird. Z. B. 25 g Stärke verbrauchten 1,8 ccm $^{1}/_{10}$ n-Natron (1 ccm = 0,004 g SO_3), also 100 g Stärke = 7,2 ccm, $^{1}/_{10}$ n-Natron.

Eine Stärke, welche verbraucht

bis zu	5 ccm	$^1/_{10}$n=Natron	ist	=	zart sauer,
„ „	8 „	„	„	=	sauer,
über	8 „	„	„	=	stark sauer.

Zart sauer wird noch nicht beanstandet, aber angegeben; sauer, wenn die Färbungen weinrot sind, läßt auf organische Säuren schließen; bei stark sauer und ziegelroter Färbung sind Mineralsäuren anzunehmen.

Die Prüfung der Stärke auf Chlor.

Nach den Lieferungsbedingungen für den Handel mit Stärke soll dieselbe auch frei von Chlor sein, denn auch eine chlorhaltige Stärke verändert resp. zerstört z. B. zarte, empfindliche Farben.

Die Prüfung wird qualitativ mit Jodkalium ausgeführt. Ein Tropfen Jodkaliumlösung auf Stärke geträufelt wird bei Anwesenheit von Chlor braun gefärbt.

Die Bestimmung der Asche in der Stärke.

Die Aschenbestimmung ist für den Dextrinfabrikanten wichtig, da dessen Fabrikat fast frei von unlöslichen Bestandteilen sein soll. Sie wird in der Weise ausgeführt, daß ca. 10 g Stärke in einer gewogenen Platinschale verascht, erkalten gelassen und wieder gewogen werden. Die letzten Reste Kohle werden durch Betupfen mit salpetersaurem Ammon und Abglühen entfernt. Der Aschengehalt beträgt meist 0,2—0,3 %, höchstens aber 0,5 %. Der Hauptbestandteil der Asche ist Sand. Soll dieser bestimmt werden, so löst man die erhaltene Asche in Salzsäure, filtriert, wäscht mit Wasser aus, verascht den Rückstand und stellt das Gewicht desselben fest.

Annähernd kann der Sandgehalt der Stärke auch in der Weise geschätzt werden, daß man eine Stärkeprobe in einem Glasgefäß mit flachem Boden mit Wasser aufrührt. Der Sand sammelt sich dabei in der Mitte des Bodens.

Die Bestimmung des Reinheitsgrades der Stärke.

Der Reinheitsgrad gibt an, wieviel feste Verunreinigungen (Faser, Stippen, Sand) in der Stärke vorhanden sind. Die Bestimmung geschieht in der Weise, daß die Stärke mittelst Malzauszug (Diastase) in Zucker, also in eine in Wasser lösliche Form umgewandelt und der in Wasser unlösliche Teil bestimmt wird.

50 g Stärke werden mit 200 ccm Wasser und 100 ccm Malzauszug auf freiem Feuer in einem Messingbecher bei 75° C. verflüssigt, auf 70° C. abgekühlt und dann, nachdem 100 ccm Malzauszug wiederum zugegeben, 1 Stunde bei 52—56° C. im Wasserbade (Abb. 24) unter Umrühren gehalten (gemaischt). Die entstandene Lösung wird dann aufgekocht, mit kochendem Wasser stark verdünnt und bis zum nächsten Tage stehen gelassen. Die Flüssigkeit wird abgehebert, der Bodensatz auf einem gewogenen Filter gesammelt, mit Wasser ge=

waschen, im Trockenschrank getrocknet und gewogen. Da bei dem Kochen der Flüssigkeit die in dem Malzauszug enthaltenen Eiweißstoffe ausfallen und als Rückstand auf dem Filter verbleiben, so muß man in einer gleichzeitigen Bestimmung mit 200 ccm Malzauszug allein die Menge der durch das Kochen aus 200 ccm Malzauszug ausfallenden Eiweißstoffe ebenso ermitteln und von dem erhaltenen Gewicht abziehen.

Berechnung: 50 g Stärke gaben 0,4430 g Rückstand; 200 ccm Malzauszug gaben 0,1786 g Rückstand; aus der Stärke stammen demnach 0,4430 bis 0,1786 = 0,2644 = 0,529 %. Der Reinheitsgrad der Stärke ist also 100 — 0,529 = 99,491.

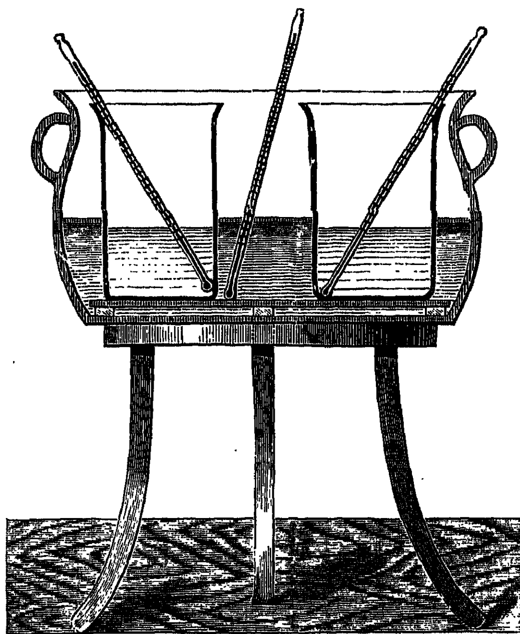


Abb. 24.

Die Bestimmung der Ausgiebigkeit (Klebfähigkeit) der Stärke.

Der Begriff der „Ausgiebigkeit" ist kein fester. Je nach der Verwendungsart des Kleisters wird mit ihr etwas anderes gemeint.

Dem Färber kommt es darauf an, daß er mit möglichst wenig Stärke die Farbe so konsistent machen kann, daß sie beim Kattundruck auf den Walzen haften bleibt und im Zeuge fest wird, d. h. nicht abstäubt.

Der Appreteur dagegen geht darauf aus, daß er mit möglichst wenig Stärke den Faden so fest bekommt, daß er nicht fasert.

Kommt also im ersten Falle die Konsistenz oder Zähigkeit des Kleisters in Frage, so ist es im anderen Falle die Biegsamkeit des trockenen Kleisters.

Von den Stärkekonsumenten ist oft darauf hingewiesen worden, daß verschiedene Stärkesorten bei der Verarbeitung zu Kleister ein an Brauchbarkeit unterschiedliches Produkt liefern, daß der entstandene Kleister von verschiedener Konsistenz, bald mehr oder weniger zähflüssig sei, daß er größere oder geringere Klebfähigkeit besäße, daß man einmal mit derselben Menge angewandter Stärke mehr erreichen könne als ein anderes Mal, kurz, daß die Ausgiebigkeit der Stärke nicht stets gleich, sondern größeren Schwankungen unterworfen sei.

Es sind schon des öftern Versuche, die Konsistenz des Kleisters in zahlenmäßigen Angaben festzulegen, veröffentlicht worden, Versuche, die streng genommen nicht chemischer, sondern physikalischer Natur sind und meistens zum Ziele die Bestimmung der inneren Reibung des Kleisters oder seiner Lösung haben. Allgemeiner Anerkennung und Anwendung hat sich jedoch bis jetzt keine der vorgeschlagenen Methoden zu erfreuen gehabt. Auch sind die Verfahren zum Teil sehr umständlich und unsicher.

J. Wiesner verfährt folgendermaßen: Er verteilt 1 g Stärke in 15 ccm destilliertem Wasser und erwärmt solange im Wasserbade unter fortwährendem Umrühren, bis die Kleisterbildung erfolgt ist. Er bemerkte hierbei, daß, obgleich in allen Fällen unter ganz gleichen Verhältnissen verfahren wurde, die Kartoffelstärke sich zuerst, dann die Maisstärke und endlich erst die Weizenstärke in Kleister verwandelt. Der erkaltete Kleister wird von ihm zur Prüfung des Steifungsvermögens in folgender Weise benutzt:

Garn von bestimmter Nummer wird in einer Länge, die lufttrocken 1—2 g wiegt, abgemessen und genau in zwei Teile geteilt. Die eine Hälfte dient zur Bestimmung des Wassergehaltes, welcher bei der zum Versuch dienenden zweiten Hälfte in Rechnung gebracht wird. Die zweite Hälfte wird in Stücke von 0,5 m Länge geteilt. Der Kleister wird zwischen die Finger genommen und der Faden von oben nach unten und umgekehrt sorgfältig mehrmals hindurchgezogen.

Nach dem Trocknen werden die Fäden in einfachen Klemmapparaten so eingespannt, daß sie senkrecht stehen. Hierauf werden die Klemmen, welche die Fäden halten, geöffnet und die Fäden nach und nach höher gezogen und selbstverständlich stets an der Versuchsstelle geklemmt, bis sie umbiegen und soweit sich herabbeugen, daß ihre Spitzen mit der eingeklemmten Stelle genau horizontal zu liegen kommen. Je länger die umgebogenen Fäden ausfallen, desto größer ist das Steifungsvermögen. Die einzelnen Fäden werden hiernach gewogen, um die Menge des zur Steifung benutzten Kleisters zu erfahren. — Die Schwierigkeit und Ungenauigkeit dieses Verfahrens liegt darin, daß es nicht möglich ist, eine gleichmäßige Schlichtung und Durchtränkung des Fadens mit Kleister zu erreichen, daß die Menge des an dem Faden haftenden Kleisters ziemlich bedeutenden Schwankungen unterworfen ist.

Brown und Heron stellen den Kleister her, indem sie 3 g Stärke auf 100 ccm Wasser nehmen. Genauere Angaben über die Kochung fehlen. Die Resultate rechnen sie auf absolut trockene Stärke und einen Normalkleister als Einheit um. Als Maß für die relative Klebrigkeit des Kleisters dient das Gewicht, das erforderlich ist, um in denselben eine Glasscheibe von 5/8 Zoll Durch-

messer einsinken zu machen. Sie beobachteten, daß geringe Verschiedenheit bei der Reinigung und Trocknung der Stärke merkliche Unterschiede in der Konsistenz des sich ergebenden Kleisters hervorrufen. Langsam und bei niederer Temperatur getrocknete Stärke lieferte stets eine klebrigere Lösung als eine bei höherer Temperatur getrocknete.

Saare hat seinerzeit diese Versuche wiederholt und sagt, daß der Kleister bei Kartoffelstärke zu dünn und ein gleichmäßiges Belasten der Scheibe kaum möglich sei.

F. W. Dafert bestimmt die Viskosität eines Kleisters, indem er die Zeit, die ein konstantes Volum desselben bei genau eingehaltener Temperatur benötigt, um durch eine nicht zu enge Kapillare von bestimmter Länge zu fließen, vergleicht mit der Zeit, welche die gleiche Menge Wasser braucht, um dieselbe Kapillare bei der gleichen Temperatur zu passieren. Die Konstanz der Temperatur bei den Versuchen muß streng inne gehalten werden, da 1° C. Temperaturunterschied bereits merklichen Einfluß auf das Resulat ausübt. Zu diesem Zweck wird die ganze Kapillare gleichmäßig von warmem Wasser umflossen. — Der Kleister wird durch halbstündiges Kochen von 1 g Stärke mit 50 ccm Wasser im Wasserbade unter wiederholtem Schütteln hergestellt. Nach dem Abkühlen wird er auf 100 ccm aufgefüllt.

W. Thomson nimmt die Verkleisterung der Stärke mit der sechsfachen Menge Wasser in einem geschlossenen zylindrischen Gefäße vor, in dem ein Rührer auf- und abbewegt werden kann. Das Gefäß wird in einem Wasserbade auf den Siedepunkt erhitzt und 5 Minuten gekocht. Versuche, die Zähigkeit des erkalteten Kleisters durch Aufsetzen von Gewichten bis zum Einsinken oder durch Hindurchsaugen desselben durch kleine Öffnungen und Beobachtung des dazu nötigen Luftdruckes führten ihn nicht zum Ziele. Die besten Ergebnisse erhielt er durch Einfallenlassen einer an beiden Enden zugespitzten Eisenspindel (25 : 4 mm) in den Kleister aus bestimmter Höhe (300 mm) und Beobachtung der Tiefe des Eindringens. Der Fallkörper wird durch einen Elektromagneten gehalten und fällt bei Unterbrechung des Stromes. Er wiederholt den Versuch mehrfach, indem er die Spindel bald in der Mitte, bald am Rande des Gefäßes einfallen läßt und gibt die Durchschnittszahlen als Maß für die Festigkeit des Kleisters an.

In der Praxis haben alle diese Methoden wie gesagt, keine Verbreitung gefunden. Man begnügt sich hier mit den einfachsten Prüfungen.

In Färbereien z. B. wird einfach aus 50 g Stärke durch Kochen mit 1000 g Wasser Kleister bereitet und derselbe nach dem Erkalten durch Betasten und Zerreiben zwischen den Fingern auf Gleichmäßigkeit, Zähigkeit oder Klebrigkeit geprüft. In Holland prüft man die Klebfähigkeit in der Weise, daß man 10 g Stärke mit 100 ccm Wasser anrührt und in einem Wasserbade von 90° C. erhitzt. Dann läßt man den Kleister erkalten und bestimmt das Quantum Wasser, welches man von dem Kleister in den ersten Tagen abgießen kann. Die abgießbare Wassermenge gilt als Kriterium der Kraft. Je weniger Wasser abgegossen ist, desto größer soll die Ausgiebigkeit der Stärke sein.

A. Schreib rührt die Stärke mit Wasser in einem Porzellantiegel zu einer Milch an und kocht den Inhalt direkt über einem einfachen Bunsenbrenner fertig. Sobald der Kleister durchsichtig wird und gleich darauf anfängt zu schäumen, entfernt er ihn vom Feuer und rührt noch einige Zeit gut um. 4 g Stärke auf 50 ccm Wasser sollen nach dem Erkalten noch einen festen, aus dem Schälchen nicht ausfließenden Kleister geben.

Saare hat ferner noch einen sogenannten Leimtester, wie ihn die Leim- und Gelatinefabriken benutzen, auf seine Verwendbarkeit für Kleister geprüft. Dieser Apparat beruht darauf, daß ein unten abgerundetes Gewicht auf den Kleister gestellt und gemessen wird, wie tief es in ihn einsinkt. Er scheint aber — in der vorliegenden Modifikation wenigstens — für Stärke nicht geeignet zu sein, weil erstens die Zahlenunterschiede, welche hierbei gefunden wurden, nur äußerst gering waren und zweitens sich oben auf dem Kleister durch Oberflächenverdunstung ein Häutchen bildet, welches dem Druck des Gewichtes einen größeren Widerstand entgegensetzt, als der Kleister selbst es tun würde.

Saare ging bei den Versuchen, die er von Martens anstellen ließ, von dem Grundgedanken aus, einen Senkkörper in den heißen Kleister hineinzuhängen, dann erkalten zu lassen und jetzt die Zugkraft zu messen, die nötig ist, den Senkkörper wieder aus dem Kleister herauszuziehen. Je größer dieselbe ist, desto größer muß auch die Festigkeit des Kleisters sein.

Nachdem Vorversuche mit Senkkörpern verschiedenster Form aus Glas und Metall angestellt waren, ergab sich, daß die gleichmäßigsten Resultate erhalten wurden, wenn er folgende Gestalt hatte: Auf einer runden Messingplatte von 22 mm Durchmesser wurde in ihrem Mittelpunkte ein Messingdraht senkrecht befestigt, der 3 cm oberhalb der Scheibe eine Marke trug und oben zu einem Haken umgebogen war. Das Gewicht betrug 6,1 g.

Die Herstellung des Kleisters geschah nun in der Weise, daß eine gewisse Menge Stärke in einem Becherglase von 200 ccm Inhalt abgewogen und mittels eines kleinen Metalllöffels aufgerührt wurde. Nachdem das Ganze samt Löffel tariert worden war, wurden unter langsamem Umrühren ca. 164 ccm kochend heißen Wassers hinzugegossen. Das Becherglas wurde alsdann entweder sofort oder nach 2, 5 oder 10 Minuten langem Kochen im Wasserbade unter beständigem langsamen Umrühren mit kochendem Wasser schnell so aufgefüllt, daß das Gesamtgewicht des entstandenen Kleisters 200 g betrug. Jetzt wurde nochmals schnell umgerührt, der Löffel herausgenommen und der Senkkörper, welcher an einem aufwärts und abwärts bewegbaren Stativ befestigt war, genau bis an die Marke in den Kleister hineingehängt. Schließlich wurden noch, um die bei den Vorversuchen als äußerst lästig und Fehler bedingende Bildung der Oberflächenhaut zu verhindern, 10 ccm Olivenöl auf den Kleister gegossen. So wurde das Ganze möglichst ohne Erschütterungen und ohne den Senkkörper zu bewegen, 20 Stunden stehen gelassen.

Nach dieser Zeit erfolgte das Herausreißen des Senkkörpers. Zu diesem Zwecke diente eine an einem Stativ aufgehängte Handwage, deren eine Schale durch ein oben und unten mit einem Haken versehenes Gegengewicht ersetzt werden

konnte. Das Becherglas mit dem Kleister wurde unter Beobachtung der größten Vorsicht genau unter das Gegengewicht der Wage gebracht und dessen unterer Haken mit dem oberen Haken des Senkkörpers verbunden. Um ein gleichmäßiges Belasten der Wage zu ermöglichen, benutzten sie eine Art Sanduhr, ein zu einer Spitze ausgezogenes Glasgefäß, das in 5 Minuten ca. 45 g Sand ausströmen ließ. Aus diesem wurde in ununterbrochenem Strome solange Sand auf die andere Schale der Handwage fließen gelassen, bis der Senkkörper aus dem Kleister herausgerissen war. Das Gewicht des dazu nötigen Sandes gibt vergleichbare Anhaltspunkte über die Zähigkeit oder Steife des Kleisters.

Zum Versuche dienten folgende Stärkesorten:

I.	Ia Kartoffelstärke	mit 18,20 %	Wasser, Reaktion:	neutral
II.	IIa Kartoffelstärke	„ 19,34 „	„ „	„
III.	Kartoffelmehl aus einer Sirupfabrik	„ 20,81 „	„ „	schwach sauer
IV.	Superior-Kartoffelmehl . .	„ 14,83 „	„ „	neutral
V.	Maisstärke	„ 11,44 „	„ „	schwach sauer
VI.	Reisstärke	„ 12,08 „	„ „	alkalisch
VII.	Weizenstärke	„ 13,01 „	„ „	schwach sauer.

Von diesen wurden je 9 g wasserhaltiger Stärke in der oben beschriebenen Weise behandelt.

Die Mengen der zur Verwendung gekommenen absolut trockenen Stärke waren also folgende:

I.	7,36 g
II.	7,26 „
III.	7,13 „
IV.	7,66 „
V.	7,97 „
VI.	7,91 „
VII.	7,63 „

Die erhaltenen Zahlen, die das Grammgewicht des zum Herausreißen nötigen Sandes darstellen und das Mittel mehrerer Versuche sind, sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Der Kleister, hergestellt nur durch Zusatz von heißem Wasser, ohne Kochen im Wasserbade . . .	73,9	54,2	39,4	99,2	keine Verkleisterung		
2 Minuten im Wasserbade gekocht	64,5	73,8	49,4	79,1	27,3	23,3	14,3
5 „ „ „ „	57,8	56,8	43,4	73,8	47,3	22,0	50,5
10 „ „ „ „	32,9	34,7	—	—	56,5	21,7	69,1

Die Temperatur des Kleisters in dem Augenblick, als der Senkkörper herausgerissen wurde, schwankte zwischen $14^{3}/_{4}$ ° C. und $17^{1}/_{4}$ ° C. Es ist hierbei jedoch zu bemerken, daß über die Temperaturen, welche während des 20stündigen Stehens herrschten, keine Messungen gemacht wurden. Als sich dann aber später

herausstellte, daß die Temperatur nicht ganz ohne Einfluß sei, sind die Versuche durch Verfasser wiederholt in einem Raume, in welchem während der ganzen Versuchsdauer die Temperatur nach einem aufgehängten Maximal- und Minimalthermometer niemals über $17^3/_4{}^0$ C. gestiegen und unter $16^1/_2{}^0$ C. gesunken war. Eine größere Konstanz der Temperatur zu erreichen, war nicht möglich, dürfte auch ohne wesentlichen Einfluß sein. Der Wassergehalt der Stärke ferner wurde bei den folgenden Versuchen insofern in Betracht gezogen, als jedesmal 7 g absolut trockene Stärke zur Verwendung kam, welche zu einem Kleister von 200 g Gewicht aufgefüllt wurden.

	I	II	III	IV
Der Kleister hergestellt nur durch Zusatz von heißem Wasser, ohne Kochen im Wasserbade	45,9	32,1	26,8	58,6
2 Minuten im Wasserbade gekocht	40,0	39,2	30,6	47,7
5 " " " "	34,4	32,0	29,4	36,9
10 " " " "	24,1	26,0	26,5	26,8

Die Tabelle läßt ohne Zweifel erkennen, daß tatsächlich Unterschiede in der Ausgiebigkeit der Stärken verschiedener Herkunft bestehen. Als Zweites zeigt sie aber, daß die Festigkeit des entstehenden Kleisters sehr abhängig sein kann von der Dauer des Kochens. Während Stärke I und IV schon nach dem bloßen Verrühren mit kochendem Wasser ihren Höhepunkt erreicht haben, ist dies bei Stärke II und III erst nach 2 Minuten langem Kochen der Fall. Alle vier geprüften Kartoffelstärken stimmen darin überein, daß noch längeres Kochen die Zahlen beständig weiter herabdrückt; es macht sich also offenbar eine durch das Kochen bewirkte Verflüssigung des Kleisters bemerkbar. Die Stärke IV erweist sich stets als die ausgiebigste, Stärke III als die schlechteste. Nach 2 Minuten langem Kochen hat II fast die Zahl von I erreicht, indem II nunmehr ihren Höhepunkt erreicht hat, während I denselben bereits überschritten hat. Bei längerem Kochen gehen, wie gesagt, sämtliche Zahlen beständig wieder herab und scheinen sich einander immer mehr zu nähern; die Differenzen werden immer geringer.

Die Proben Nr. I bis IV wurden auch nach der Methode von Schreib, die in der Praxis wohl am häufigsten Anwendung findet, geprüft. Nr. I und IV zeigten hiernach gutes Steifungsvermögen, während Nr. II und III als mangelhaft zu bezeichnen waren. Übereinstimmung der Schreibschen Methode mit der Saares ist also vorhanden, besonders, wenn man bei der Methode Saares den durch bloßen Zusatz heißen Wassers, ohne Kochen hergestellten Kleister in Betracht zieht.

Die Verkleisterung von Mais-, Reis- und Weizenstärke geht erst bei höherer Temperatur vor sich, als die der Kartoffelstärke. Hiermit stimmt es überein, daß ohne längeres Kochen der erwähnten Stärken keine Verkleisterung eintrat, und daß das Steigen der Zahl bis 10 Minuten andauert. Wahrscheinlich würde die Zahl bei noch längerem Kochen noch weiter steigen, jedoch ist es nicht empfehlenswert, hierbei die Dauer von 10 Minuten zu überschreiten, weil alsdann wieder die Bildung des Häutchens an der Oberfläche trotz Rührens unvermeidlich ist.

Die Bestimmung der Stärke in der Schlammstärke.

Die Schlammstärke ist diejenige Stärke, welche bei der Reinigung der Rohstärke mit dem Waschwasser nach den Außengruben gelangt, hier gesammelt und nach der Gewinnung aus den Außengruben zur weiteren Verarbeitung auf Stärkesirup an Sirupfabriken abgegeben wird. Für letztere ist es daher bezüglich der Beurteiluug der Schlammstärke wichtig, den Gehalt der Schlammstärke an Stärke zu kennen. Die Bestimmung wird nach Reinke wie folgt ausgeführt:

In einem Teil der Probe, 50 g, wird der Trockensubstanzgehalt wie bei Stärke bestimmt. Von einem anderen Teil der Probe werden 100 g Schlammstärke in einem Maischbecher mit 200 ccm Wasser und 20 ccm 25 prozent. Salzsäure angerührt, mit 200 ccm heißem Wasser übergossen und im Wasserbade 1 Stunde bei 80° C. bis zur völligen Verflüssigung gehalten. Darauf wird die Flüssigkeit abgekühlt, mit Wasser auf 500 g aufgefüllt, filtriert und mit einem Saccharometer nach Balling der Extraktgehalt bestimmt. Gleichzeitig wird in einem anderen Zylinder die Saccharometeranzeige von 20 ccm Salzsäure (25% HCl) auf 500 g verdünnt festgestellt.

Berechnung: Die Schlammstärke enthielt 52% Trockensubstanz und 48% Wasser. 20 ccm Salzsäure mit Wasser auf 500 g verdünnt gaben eine Saccharometeranzeige von 1,40° Bllg. (Balling). Die Saccharometeranzeige der Schlammstärkemaische ergab 10,85° Bllg. In der Maische sind also 10,85—1,40 = 9,45 g Stärkeextrakt. Da die Schlammstärke 48% Wasser enthielt, sind in der Maische 448 g Wasser und 52 g trockene Schlammstärke. Nach der Saccharometeranzeige sind in 100 g Flüssigkeit 9,45 g Extrakt und 90,55 g Wasser, d. h. zu 90,55 g Wasser gehören 9,45 g Extrakt. Zu 448 g Wasser gehören also $\frac{448 \,.\, 9{,}45}{90{,}55} = 46{,}75$ g Extrakt. Dieser Extrakt ist, da die Stärke mit Salzsäure behandelt wurde, Dextrose. Da das Verhältnis von Dextrose: Stärke = 10 : 9 ist, so ist die gefundene Extraktzahl mit 0,9 zu multiplizieren, um den Stärkewert zu erhalten. 46,75 . 0,9 = 42,1. Da 100 g Schlammstärke angewendet, so enthält die Schlammstärke 41,2% wasserfreie Stärke.

Die Bestimmung der gebundenen Stärke in der Pülpe.

Zur Beurteilung der Zerkleinerungsapparate in einer Fabrik und zur eventuellen Verbesserung der Ausbeute ist es unumgänglich notwendig, den Gehalt der Pülpe an gebundener Stärke zu bestimmen. Die gebundene Stärke ist diejenige Stärke, welche in den Kartoffelzellen vorhanden ist, die von den Zerkleinerungsapparaten (Reibe, Mahlgang) nicht zerrissen wurden. Diese Stärke kann auch durch Auswaschen nicht gewonnen werden, sie bleibt in der Pülpe und kann nur chemisch festgestellt werden. Nach Saare enthält eine sehr gut ausgearbeitete Pülpe einschließlich der auswaschbaren Stärke in der Trockensubstanz 50% wasserfreie Stärke, eine gut ausgearbeitete Pülpe 60%, eine mittelmäßig ausgearbeitete 70% und eine schlecht ausgearbeitete Pülpe 80% wasserfreie Stärke in der Pülpetrockensubstanz.

Die Bestimmung der gebundenen Stärke wird in der Weise ausgeführt, daß die zur Bestimmung der auswaschbaren Stärke (siehe S. 15) benutzte Pülpe getrocknet und dann lufttrocken gewogen wird. Darauf wird die lufttrockene Pülpe fein gemahlen, in dem feinen Mehl der Wassergehalt bestimmt und in 3 g des lufttrockenen Mehles eine Stärkebestimmung ausgeführt, in derselben Weise wie auf S. 67 unter a) Hydrolyse der Stärke mit Salzsäure und Reduktion nach dem Hochdruckverfahren oder auf S. 72 unter c) Diastase-Verfahren nach Maercker.

Berechnung: 1000 g frische Pülpe gaben 1,9540 g auswaschbare Stärke = 0,195 %. Die ausgewaschene Pülpe wog lufttrocken 198,9 g = 19,89 %. In dem feinen Mehl waren 15,64 % Wasser, also 84,36 % Trockensubstanz. Demnach enthielt die frische Pülpe $\frac{19,89 \cdot 84,36}{100} = 16,78$ % völlig ausgewaschene, wasserfreie Pülpe und 16,78 + 0,195 = 16,975 % absolute Trockensubstanz.

In dem feinen Mehl wurden bei der Stärkebestimmung 52,50 % Stärke gefunden. In der Trockensubstanz sind demnach $\frac{52,50 \cdot 100}{84,36} = 62,23$ % gebundene Stärke enthalten.

II. Getreidestärkefabrikation.

Die Bestimmung des Wassergehaltes in der Rohfrucht.

Etwa 20—30 g der Rohfrucht (Weizen, Mais, Reis) werden auf einer Handmühle fein geschroten. Das Schrot wird gut durchgemischt und davon 6—8 g so schnell als möglich in ein vorher tariertes Wägegläschen gebracht. Das Wägegläschen wird nun mit dem Deckel verschlossen und auf einer chemischen Wage das genaue Gewicht des Schrotes festgestellt. Dann stellt man das offene Wägegläschen in den Trockenschrank, heizt diesen an und trocknet bei 104 bis 106° C. 4 Stunden. Nach dieser Zeit wird das Wägegläschen herausgenommen, sofort verschlossen, im Exsikkator erkalten gelassen und gewogen.

Die Differenz der beiden Wägungen ist das Wasser.

Berechnung: Das Wägegläschen mit Substanz = 17,734 g
Das leere Wägegläschen = 14,389 „
Die Substanz = 3,345 g.

Nach dem Trocknen wiegt
das Wägegläschen mit Substanz = 17,323 g.

3,345 g Substanz haben demnach 17,734 — 17,323 = 0,411 g Wasser verloren; 100 g Substanz enthalten daher $\frac{0,411 \cdot 100}{3,345} = 12,29$ g Wasser.

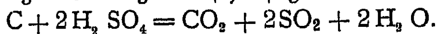
Die Rohfrucht enthält also 12,29 % Wasser.

Oder: 25 g der auf einer Handmühle fein geschrotenen Körner werden in einem mit Deckel versehenen Messingtiegel abgewogen, 2 Stunden im Trocken-

schrank auf 120° C. erhitzt, hierauf abgekühlt und wieder gewogen. Der Gewichtsverlust entspricht dem Wassergehalt. Beispiel: 25 g verloren an Gewicht 4 g; 100 g enthalten demnach 16 g Wasser = 16%.

Die Bestimmung des Gesamt-Stickstoffgehaltes der Rohfrucht.

Die Methode zur Bestimmung des Stickstoffes beruht darauf, daß konzentrierte Schwefelsäure der zu untersuchenden Substanz Wasserstoff und Sauerstoff in Form von Wasser entzieht. Die Substanz zerfällt und schwärzt sich infolge des ausgeschiedenen Kohlenstoffes. Bei weiterem Erhitzen wirkt die Schwefelsäure auf den ausgeschiedenen Kohlenstoff ein, oxydiert ihn zu Kohlensäure unter gleichzeitiger Bildung von schwefliger Säure.



$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O.$$

Der Stickstoff der Substanz wird zu Ammoniak und als solcher von der Schwefelsäure gebunden.

Durch Destillation mit einem Überschuß von Natronlauge wird Ammoniak wieder freigemacht, destilliert mit den Wasserdämpfen in die mit der Titersäure beschickte Vorlage über, bindet hier einen Teil der Titersäure zu schwefelsaurem Ammoniak, das durch Titration der freigebliebenen Säure quantitativ bestimmt wird.



Abb. 26. Stickstoffkolben.

Die Bestimmung wird in folgender Weise ausgeführt: Man wägt auf der chemischen Wage in einem tarierten Schiffchen aus Nickel oder Aluminium oder in einem Porzellantiegel genau 2 g von der feingemahlenen Substanz ab und bringt diese ohne jeglichen Verlust, die besten Mehlspuren werden mit einem zarten Pinsel nachgepinselt, in einen sogenannten Stickstoffkolben (Schottkolben) von ca. 1000 ccm Inhalt. (Abb. 26.)

Aufgeschlossen wird durch Zusatz von 23—25 ccm konzentrierter Schwefelsäure, 2 Tropfen metallischem Quecksilber und etwa 8—10 g gepulvertem Kaliumsulfat.

Die so für die Aufschließung fertig gestellten Kolben werden auf einem Verbrennungsgestell (Abb. 27 links) in schiefer Lage erhitzt. Das feine Mehl wird aufschäumen und verkohlen. Zur Vermeidung des Überschäumens ist es nach Glimm zweckmäßig, das Kaliumsulfat langsam bei schräger Stellung des Kolbens herunterlaufen zu lassen, damit ein Teil hiervon an dem, durch die vorher zugegebene Schwefelsäure nassen Kolbenhals haften bleibt.

Das Erhitzen ist solange fortzusetzen, bis die erst schwarze, dann braune und rote Flüssigkeit schwach weingelb oder fast farblos geworden ist und dauert etwa 18—20 Minuten. Werden einzelne Kohlenpartikelchen nicht von der kochenden Schwefelsäure heruntergespült, so ist der Kolben auf dem Gestell zu drehen.

Nach Beendigung der Aufschließung läßt man genügend erkalten, verdünnt bis zu ein Viertel des Kolbeninhaltes mit destilliertem Wasser und setzt ein paar

Stückchen geraspeltes Zink hinzu. Ist zuviel schwefelsaures Kalium zugegeben worden, so wird das aufgeschlossene Gemisch beim Abkühlen zu einem festen Kuchen erstarren.

Durch vorsichtiges Erwärmen nach Zusatz von destilliertem Wasser bis der Kuchen sich völlig gelöst hat, kann nach W. Windisch die Bestimmung noch gerettet werden. Inzwischen ist der Destillierapparat in Bereitschaft gestellt, derselbe ist vollständig montiert, so wie es die Abb. 27 rechts zeigt. Die als Vorlagen benutzten Erlenmeyerkolben enthalten bereits den für jede Bestimmung vorgesehenen Inhalt der automatischen Pipette für die Titerschwefelsäure (Bereitung siehe unten). Zur Destillation wird nur Natronlauge verwendet, die zur Ausfällung des angewendeten Quecksilbers einen Zusatz von Schwefelkalium erhalten hat. (250 g Schwefelkalium in Wasser gelöst, filtriert, zum Liter auf-

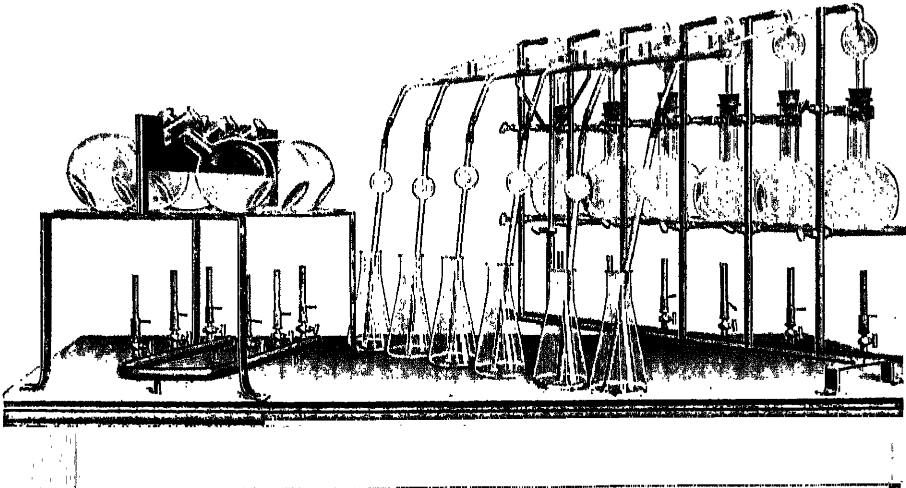


Abb. 27. Destillierapparat.

gefüllt und zu 9 l Lauge zugesetzt.) Hiervon gießt man die zur vollständigen Neutralisation der Aufschließungsschwefelsäure erforderliche Menge (etwa 100 bis 110 ccm Lauge vom spez. Gew. 1,34) langsam an der Wandung in den schief gehaltenen Aufschließungskolben herunter, setzt schnell den Gummistopfen mit dem Kugelaufsatz luftdicht auf und erhitzt.

Das durch die Natronlauge in Freiheit gesetzte Ammoniak wird beim Kochen in die Vorlage getrieben und hier von der Titerschwefelsäure absorbiert. Das in die Schwefelsäure mündende Rohr soll an dem eintauchenden Ende möglichst weit sein (etwa 1 cm Durchmesser) zur Herstellung einer möglichst großen Absorptionsfläche. Bei dünnen Röhren könnte sonst leicht bei der plötzlichen und reichlichen Ammoniakentwicklung, die beim Beginn der Destillation stattfindet, nicht sämtliches Ammoniak von der Schwefelsäure gebunden werden, sondern zum Teil entweichen. Die Dauer der Destillation, vom Sieden an ge-

rechnet, beträgt 20 Minuten; dann werden die Destillationsrohre aus dem Destillat herausgezogen, doch so, daß sie noch in der Vorlage verbleiben, weitere 5—7 Minuten destilliert und mit destilliertem Wasser in die Vorlage abgespült. Zurücktitriert wird mit Natronlauge unter Verwendung von Alizarin als Indikator bis zum eben eintretenden Farbenumschlag von weingelb nach rot. Zur größeren Genauigkeit der Bestimmungen ist es erforderlich, für die Glasarmaturen des Kjeldahlapparats Jenaer Thermometerglas zu verwenden, da andere Glassorten leichter durch die übergehenden Ammoniakwasserdämpfe korrodiert werden, Alkali abgeben und man hierdurch höhere Stickstoffwerte findet.

Berechnung: 2 g Substanz wurden im Schottkolben mit Schwefelsäure, Quecksilber und schwefelsaurem Kalium verbrannt; das Ammoniak wurde abdestilliert. Vorgelegt war der Inhalt der automatischen Pipette für die Titerschwefelsäure; verbraucht wurden bei dem Zurücktitrieren 37,1 ccm Natronlauge. Der Inhalt der automatischen Pipette (die vorgelegte Titersäure) braucht zur Neutralisation 48,7 ccm Natronlauge (Titer); es ist demnach eine Schwefelsäuremenge, entsprechend $48{,}7 - 37{,}1 = 11{,}6$ ccm Natronlauge an Ammoniak gebunden. Nun sei der Stickstoffwert des Inhaltes der automatischen Pipette durch Fällen mit Chlorbarium (siehe unten) zu 0,14697 g N festgestellt. Für den Pipetteninhalt kann aber der Titer eingesetzt werden, also entsprechen auch 48,7 ccm der Titerlauge, 0,14697 g Stickstoff; 1 ccm der Titerlauge $\frac{0{,}14697}{48{,}7}$ $= 0{,}0030178$ g Stickstoff (Faktor), 11,6 ccm Titerlauge demnach $0{,}0030178 \,.\, 11{,}6$ $= 0{,}003500648$ g Stickstoff. Soviel Stickstoff enthalten die zur Untersuchung genommenen 2 g Substanz. Betrug der Wassergehalt der Substanz 14,73 %, so enthielten 2 g $= 2 - \frac{14{,}73 \,.\, 2}{100} = 1{,}7054$ g Trockensubstanz mit 0,03500648 g Stickstoff; 100 g Trockensubstanz demnach $\frac{0{,}03500648 \,.\, 100}{1{,}7054} = 2{,}052$ g Stickstoff. Die Rohfrucht enthielt also 2,052 % Stickstoff in der Trockensubstanz. Hieraus berechnet man durch Multiplikation mit dem Eiweißfaktor 6,25 den Eiweißgehalt der Rohfrucht. Sie enthielt also $2{,}052 \,.\, 6{,}25 = 12{,}83$ % in der Trockensubstanz.

Jede Stickstoffbestimmung wird dreifach ausgeführt.

Zur Ausführung der Titration dient die in Abb. 28 abgebildete Titriereinrichtung. Sie gestattet ein bequemes Füllen und Entleeren der Büretten; außerdem halten sich die Flüssigkeiten unbegrenzt lange, da die Flaschen, die sie enthalten, nicht geöffnet zu werden brauchen und Flüssigkeiten selbst vor den beeinflussenden Bestandteilen der Luft durch geeignete Vorlagen (bei der Schwefelsäure konzentrierte Schwefelsäure, bei der Natronlauge Natronkalk und konzentrierte Natronlauge) geschützt sind. Die große Flasche links in Abb. 28 enthält die Titerschwefelsäure. Durch Öffnen des Quetschhahnes an dem Verbindungsschlauch, von der Flasche zur automatischen Pipette, und durch eine Vierteldrehung des Hahnes der Pipette nach rechts steigt die Säure in die Pipette, bis sie oben an der von der Kugel umschlossenen Spitze überfließt. Dieses Zuviel an

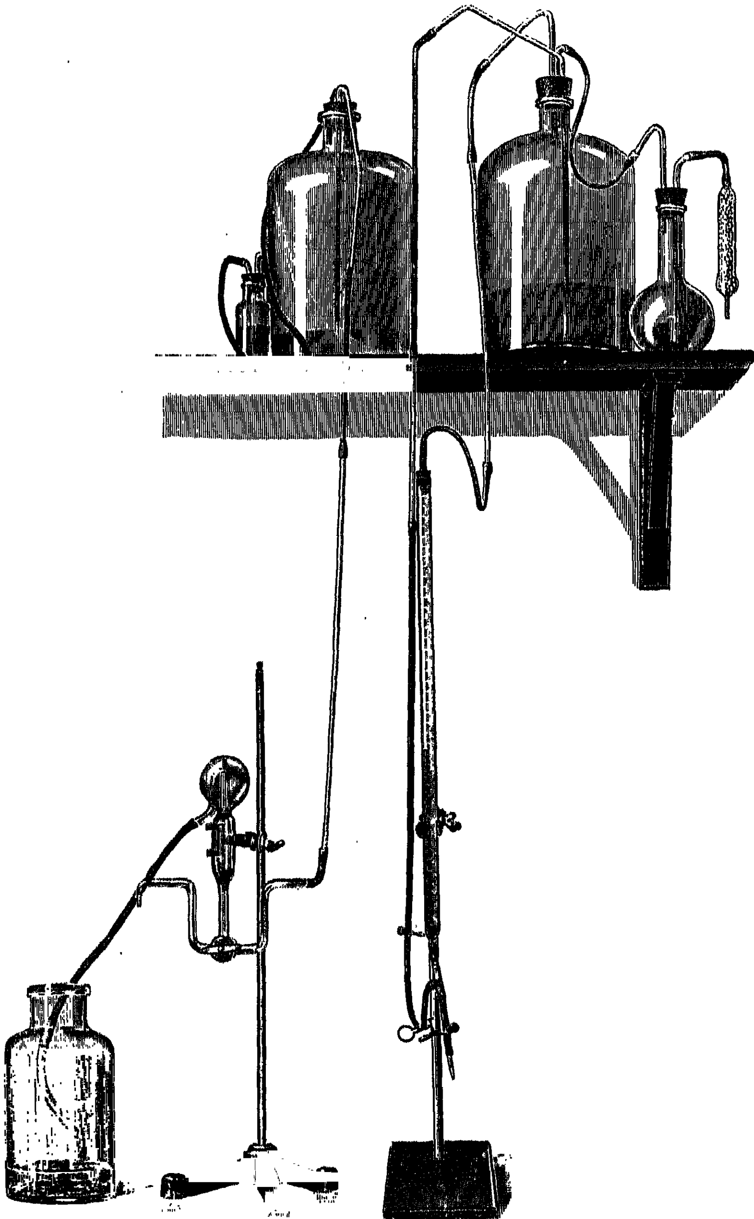


Abb. 28. Titriereinrichtung.

Titersäure wird durch den an der Kugel angebrachten Stutzen, der durch Schlauchverbindung mit einer Flasche in Verbindung steht, abgeführt. Durch

Zurückdrehen des Hahnes in seine alte Stellung wird die automatische Pipette hierauf geschlossen. Ist sie in dieser Weise gefüllt, dann läßt man die Titersäure durch eine Vierteldrehung des Hahnes nach links in einen Erlenmeyerkolben als Vorlage ab. Ist die automatische Pipette längere Zeit nicht benutzt worden, so ist es für die Genauigkeit der Bestimmungen vorteilhaft, die Pipette vor dem Gebrauch erst halb zu füllen und ablaufen zu lassen.

Durch Öffnen des Quetschhahnes an der Laugenbürette (Abb. 28 rechts) wird diese auf einen bestimmten Teilstrich, am besten auf den Nullpunkt, eingestellt.

Beim Füllen der Büretten wird durch den Austritt der Flüssigkeiten aus den großen Flaschen Luft angesaugt. Diese wird, ehe sie in die Handgefäße tritt, zunächst gereinigt. Bei der Titerschwefelsäure genügt eine Waschflasche mit konzentrierter Schwefelsäure, bei der Lauge (große Flasche rechts in Abb. 28) läßt man die Luft, um sie von der Kohlensäure zu befreien, zunächst durch ein Rohr mit Natronkalk, dann noch durch ein Waschgefäß mit konzentrierter Natronlauge streichen.

Die Titerschwefelsäure zur Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl.

Etwa 365 g konzentrierte, chemisch reine Schwefelsäure werden zu destilliertem Wasser hinzugefügt und auf 14 l aufgefüllt.

Das Einstellen der Titerschwefelsäure für die Stickstoffbestimmung durch Fällung mit Chlorbarium.

Man läßt den Inhalt der an der Titerschwefelsäure angeschlossenen automatischen Pipette verlustlos in ein Becherglas ablaufen, verdünnt mit etwa der fünffachen Menge destillierten Wassers, setzt 0,8—1 ccm konzentrierte Salzsäure hinzu, bedeckt das Becherglas mit einem Uhrschälchen und bringt seinen Inhalt auf einer Asbestplatte zum Sieden. In die siedende Flüssigkeit wird mit Hilfe einer Pipette Chlorbariumlösung tropfenweise bis zur vollständigen Ausfällung der Schwefelsäure zugefügt. Das Becherglas bleibt am besten auch hierbei mit dem Uhrschälchen bedeckt. Um einen zu großen Überschuß an Chlorbarium, das später nur schwer aus dem Bariumsulfatniederschlage ausgewaschen werden kann, zu vermeiden, läßt sich durch einen blinden Versuch leicht die erforderliche Menge der zu verwendenden Chlorbariumlösung bestimmen. Wird die Fällung siedend heiß vorgenommen, daß auch die tropfenweise Zugabe der Chlorbariumlösung das Sieden nicht unterbricht, so pflegt sich der sich sonst leicht absetzende Niederschlag nicht sogleich zu setzen, er bleibt in der Flüssigkeit zum größten Teil suspendiert, und das nach der Fällung nötige, etwa 5—10 Minuten lange Kochen kann in der Regel ohne Stoßen zu Ende geführt werden. Hierauf läßt man den Niederschlag sich absetzen, filtriert zunächst die darüber stehende klare Flüssigkeit ab, wäscht das Filter mit heißem Wasser aus, wirbelt den Niederschlag mehrmals mit heißem Wasser auf, läßt wieder absitzen und filtriert weiter, um den größten Teil der überschüssig zugesetzten Chlorbariumlösung zu entfernen, bevor der Hauptniederschlag von Bariumsulfat auf das Filter gebracht wird. Durch Prüfung

mit Silbernitrat stellt man schließlich im Filtrat die Abwesenheit jeglicher Chlorverbindung fest. Filter mit Inhalt wird im Platintiegel verbrannt, geglüht und gewogen. Die Bestimmung wird am besten dreifach ausgeführt.

Berechnung: Platintiegel + Niederschlag = 18,8836 g
Tara des Platintiegels = 17,6823 „
Bariumsulfat = 1,2013 g
$BaSO_4 : 2\,N = 1{,}2013 : x$
oder $233{,}46 : 28{,}08 = 1{,}2013 : x$

$\frac{1{,}2013 \cdot 28{,}08}{233{,}46}$ 0,14448 g Stickstoff, also entspricht dem Inhalte der automatischen Pipette, für den zur Umrechnung des Stickstofffaktors für 1 ccm Lauge der Titer eingesetzt wird, ein Stickstoffwert von 0,14448 g.

Die Natronlauge zum Zurücktitrieren für die Stickstoffbestimmung.

Etwa 128 g reines Ätznatron werden in einem Kolben mit ausgekochtem Wasser gelöst, die Flüssigkeit in eine 14 l fassende Flasche abgegossen und mit destilliertem, ausgekochtem Wasser auf 14 l aufgefüllt. Der Titer soll zwischen 40 bis 50 ccm liegen.

Die Bestimmung des löslichen Proteins.

Namentlich bei der Reisstärkefabrikation ist die Art des Proteins im Reis von Wichtigkeit. Zur Lösung des Klebers wird bei der Gewinnung der Reisstärke Ätznatron angewendet. Da bei der Reisstärkefabrikation ebenso wie bei der Maisstärkefabrikation ein Gehalt an Eiweiß verlustbringend für die Ausbeute ist, so ist der Reis am ergiebigsten, von dem am meisten Eiweiß (Protein) durch Natronlauge in Lösung gebracht werden kann. Da nicht alles Protein im Reis in Natron löslich ist, so muß der Reis auf den Gehalt an löslichem Eiweiß geprüft werden.

Das lösliche Protein wird nach J. Berger in der Weise bestimmt, daß man eine gewogene Menge der zu untersuchenden Substanz mit Natronlauge von 1° Bc. auslaugt. Aus der Lösung wird durch Abstumpfung mit Säure das Protein gefällt, getrocknet und gewogen. Man kann auch indirekt verfahren, indem man den Stickstoff in der ausgelaugten Substanz bestimmt und die daraus berechnete Menge von dem Gesamtstickstoff abzieht. Die Differenz mit dem Faktor 6,25 multipliziert, ist das lösliche Protein.

Die Bestimmung des Fettgehaltes der Rohfrucht.

Die Fettbestimmung wird mittels des Soxhletschen Extraktionsapparates (Abb. 29) ausgeführt. Durch Korkdichtungen wird der Apparat oben mit einem Kugelkühler B und unten mit einem weithalsigen Destillierkolben (auch Erlenmeyerkolben) C verbunden. Der Kolben wird auf einem Wasserbade D erwärmt.

Die Ausführung der Bestimmung geschieht in folgender Weise: Etwa 10 g, genau gewogen, feingemahlene und getrocknete Substanz (am zweckmäßigsten und

einfachsten ist es, wenn man die zur Wasserbestimmung benutzte Probe zur Fettbestimmung verwendet) werden in eine Hülse E von fettfreiem Filtrierpapier (zu beziehen von der Firma Schleicher & Schüll in Düren, Rheinland) gebracht und diese Hülse mit dem Extraktionsgut in die weite Röhre des Soxhletapparates hineingetan. Darauf gießt man in die weite Röhre soviel Petroleumäther, bis letzteres durch das an der Seite befindliche, enge, gebogene Heberohr in den Destillierkolben abfließt. Dann gießt man nochmals ungefähr halb soviel Petroleumäther in die weite Röhre und heizt nun das Wasserbad an. Die Temperatur des Wasserbades soll 30 ° C. nicht überschreiten. Während der Destillation steigen die Ätherdämpfe durch die ebenfalls an der Seite befindliche gerade Röhre in den Kühler, werden hier verdichtet, tropfen auf die zu untersuchende Substanz und nehmen das Fett desselben auf. Allmählich steigt die Flüssigkeit in der weiten Röhre bis zur oberen Mündung des Heberohres, alsdann fließt die gesamte Extraktionsflüssigkeit in den Destillierkolben und verdunstet von neuem. Das Fett bleibt jedoch im Destillierkolben zurück. Die Destillation wird 4—6 Stunden lang ständig wiederholt; es ist zweckmäßig, während der Zeit des Destillierens ein- oder zweimal etwas Petroleumäther neu aufzugießen. Nach Beendigung der Destillation wird der Destillierkolben von dem Extraktionsapparat gelöst, der Petroleumäther auf dem Wasserbade abgedampft, oder zur Wiedergewinnung des Äthers der Kolben durch ein langes Glasrohr mit einer in kaltem Wasser liegenden Vorlage verbunden und der Rückstand in dem Kolben in einem Trockenschrank bei 95° C. solange getrocknet, bis keine Gewichtsverminderung mehr eintritt. Das Leergewicht des Destillierkolbens von dem Gewicht des getrockneten und erkalteten Rückstandes mit Destillierkolben abgezogen ergibt den Fettgehalt der abgewogenen Substanz.

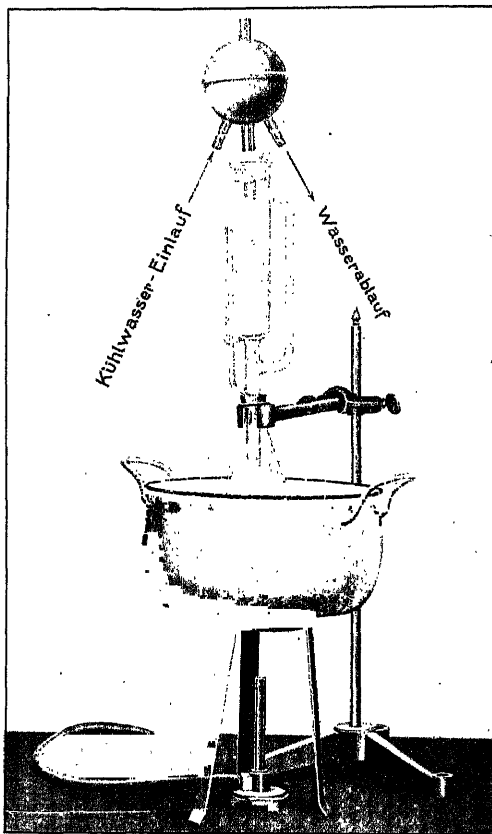


Abb. 29. Extraktionsapparat nach Soxhlet.

Berechnung: Das Gewicht des Destillierkolbens mit Rückstand = 215,11 g
Tara des Destillierkolbens = 214,58 „

Fett in 9,77 g angewendeter wasserfreier Substanz = 0,53 g

$$\text{In } 9{,}77 \text{ g} : 0{,}53 = 100 : x;\ x = \frac{0{,}53 \cdot 100}{9{,}77} = 5{,}44.$$

Es sind also 5,44% Fett in der Trockensubstanz vorhanden.

Die Bestimmung der Rohfaser nach Weender.[1])

Man bringt 3 g der feingemahlenen und getrockneten wasserfreien Substanz in eine Porzellanschale oder ein Becherglas und kocht eine halbe Stunde unter fortwährendem Ersatz des verdampfenden Wassers mit einem Gemisch von 50 ccm verdünnter, 10 prozent. Salzsäure und 150 ccm Wasser. Nach dem Erkalten und vollständigen Absetzen dekantiert man mittelst eines Hebers und entfernt den letzten Rest der Flüssigkeit mit einer Pipette. Die zurückbleibende Zellulose wird zweimal während einer halben Stunde mit 200 ccm Wasser ausgekocht und jedesmal in oben beschriebener Weise dekantiert. Die resultierenden Flüssigkeiten werden in einem Gefäße vereinigt, um etwa übergegangene Partikelchen nicht verloren gehen zu lassen und ruhig stehen gelassen.

Dieselben Operationen werden nun mit einer 5 prozent. Kalilauge und 150 ccm Wasser wiederholt und in gleicher Weise ausgewaschen. Die restierende Zellulose wird durch ein gewogenes Filter mittelst eines Saugapparates filtriert, mit Wasser, Alkohol und Äther gewaschen, bei 110° getrocknet und gewogen. Die in den Dekantationsflüssigkeiten abgesetzten Rückstände bringt man nun auf ein zweites, ebenfalls gewogenes Filter, wäscht mit kaltem und kochendem Wasser, endlich mit heißem Alkohol und Äther aus, trocknet und wägt.

Derart bestimmte Zellulose enthält gewöhnlich geringe Mengen von Proteinsubstanzen und anorganischen Verunreinigungen.

Durch Stickstoff- und Aschebestimmung kann man die Menge derselben bestimmen und vom Gesamtgewicht abziehen. Durch diese Bestimmung wird nicht die wirklich reine Zellulose ermittelt, sondern gleichzeitig auch die mit derselben verbundenen Ligninsubstanzen; man bezeichnet daher die auf solche Weise ermittelten Substanzen als **Rohfaser**.

Nach **H. Wattenberg** (Journ. f. Landw. 28, 273) kann man das lästige, leicht mit Verlusten verbundene Dekantieren mit dem Heber umgehen, wenn man sich zum Absaugen der Flüssigkeit eines mit einer Saugpumpe in Verbindung gebrachten, an der breiten Seite mit Gaze und darüber mit feuchtem Filtrierpapier bedeckten Trichters bedient. Die obere Weite des Trichters muß ungefähr der Oberfläche des in der Schale bleibenden Rückstandes gleich kommen. Die an dem Fließpapier haftenden festen Teilchen spült man mittelst der Spritzflasche in die Schale zurück. **Wattenberg** gibt an, daß bei Anwendung dieser Methode

---

[1]) **G. Bauer**, Gärungstechnische Untersuchungen. (Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1891.)

ein einmaliges Auswaschen mit kochendem Wasser nach der Extraktion mit Säure und Kalilauge genügt.

Die Bestimmung der Asche.

2—3 g fein zerteilter Substanz werden in einer Platinschale vorsichtig verkohlt und in einer Tonmuffel bei dunkler Rotglut langsam verascht.

Die verkohlte Substanz wird in einem Mörser mit etwas Wasser fein zerrieben, der unlösliche Teil abfiltriert, mit heißem Wasser vollständig ausgewaschen, getrocknet und abermals in der Platinschale der vollständigen Verbrennung unterworfen. Das Gewicht gibt unlösliche Asche und Sand.

Das Filtrat wird im Platintiegel auf dem Wasserbade eingedampft, sobald die Hauptmenge des Wassers verdunstet, im Trockenschrank bei 110° C. getrocknet und zuletzt über einer kleinen Flamme erhitzt. Das Gewicht ergibt die kohlensäurehaltige, lösliche Asche. Die Summe der löslichen und unlöslichen Asche ist die gesamte Rohasche.

Die Bestimmung der Stärke in der Rohfrucht.

Die Stärkebestimmung wird ebenso ausgeführt wie sie bei Kartoffeln auf S. 67 ausführlich beschrieben ist. Auch besonders für die Bestimmung der Stärke in Cerealien ist es nach Lintner für eine genaue Stärkebestimmung notwendig, von dem nach den verschiedenen Methoden erhaltenen Rohstärkewerten den besonders bestimmten Pentosangehalt (siehe S. 73) in Abzug zu bringen.

Außer den oben erwähnten Stärkebestimmungsmethoden sind noch folgende gebräuchlich:

Ballings Bestimmung des Stärkewertes (Extrakt), (für vergleichende Untersuchungen ausreichend). 50 g auf einer guten Handmühle ganz fein gemahlene Körner werden mit etwa 300 ccm Wasser bis zur vollständigen Verkleisterung gekocht, auf die Maischtemperatur von 65° C. abgekühlt und mit genau 100 ccm klar filtriertem Malzextrakt (aus 100 g Grünmalz und 1 l Wasser kalt bereitet), dessen Saccharometeranzeige bei jedesmaliger Bereitung zu bestimmen ist, versetzt, und während einer Stunde bei 60° C. unter häufigem Umrühren vollständig verzuckert. Hiernach füllt man zu einem ½ l auf, filtriert und bestimmt die Saccharometeranzeige des Filtrats. Verluste beim Maischen und Verzuckern durch Spritzen usw. sind zu vermeiden.

Beispiel: Es seien 50 g Mais mit 100 ccm Malzextrakt, welcher 3° am Saccharometer zeigt, vermaischt, und die auf ½ l aufgefüllte Flüssigkeit zeige nach dem Filtrieren 6,5% Saccharometer, so sind im ½ l 32,5 g feste Bestandteile enthalten, nach Abzug der im Malzauszug zugesetzten 3 g bleiben 29,5 g für in Lösung gegangene Bestandteile aus 50 g Mais, aus 100 g Mais mithin 59 Teile Extrakt.

Lindets Bestimmung. Die Stärkekörner sind von einem festen Netz von Gluten umgeben; um dieses zu lösen, läßt Lindet auf das gemahlene Ge-

treidekorn salzsaure Pepsinlösung wirken, wobei das Stärkemehl von dem Gluten befreit wird, so daß es dann von den übrigen Teilen mechanisch getrennt werden kann. Die Ausführung geschieht wie folgt: Etwa 10 g Körner werden gemahlen, in einen Erlenmeyer-Kolben gebracht und mit einer Lösung, die 2% Pepsin und 1,5% Salzsäure enthält, 12—24 Stunden bei 40—50° C. gehalten unter zeitweiligem Durchschütteln. Der Rückstand wird dann in Beutelseide eingefaltet und in einer Schale mit Wasser durchgeknetet, bis kein Stärkemehl mehr gewonnen wird. Dasselbe wird unter Formaldehydzusatz zum Absitzen gebracht, auf einem mit gewogener Menge gewaschenen und kalzinierten Bimsstein beschickten Filter gesammelt und mit diesem bei 50° C. und dann bei 105° C. getrocknet.

Die Bestimmung von G. Baumert und H. Bode[1]) (in Weizenmehl). Diese Methode beruht darauf, daß nach v. Mayrhofer Stärkemehl in wässeriger Kalilauge leicht löslich, in alkoholischer aber unlöslich und quantitativ fällbar ist, so daß man also die Eiweißstoffe von Stärke durch alkoholische Kalilauge trennen kann. Die Methode ist von H. Witte weiter ausgebaut und wird in folgender Weise benutzt: Zweimal je 1 g von dem durch ein feines Haarsieb verriebenen Mehl werden kurz vor dem Gebrauch im Porzellanbecher sorgfältig mit wenig kaltem Wasser angerührt. Nach dem Abspritzen des zum Verrühren benutzten Glasstabes werden die Becher bis zu ¾ (75 ccm) ihres Inhaltes mit Wasser aufgefüllt, mittels Deckel verschlossen und im Dampftopf 2 Stunden bei 4 Atmosphären erhitzt. Nach dem Abkühlen unter 100° wird der Inhalt der Becher quantitativ in eine geräumige Kochflasche gebracht, unter Zuhilfenahme einiger Zinkspäne, um das Stoßen und Herausspritzen zu vermeiden, 10 Minuten lang gekocht, dann mit heißem Wasser in einen Kolben von 500 ccm gespült, fast bis zur Marke aufgefüllt, durch Einstellen in kaltes Wasser abgekühlt, darauf mit kaltem Wasser bis zur Marke aufgefüllt und gut gemischt. Mittelst Saugpumpe wird die Lösung durch ein nicht zu dickes Asbestplattenfilter filtriert, wobei das zuerst Filtrierte wegen der Verdünnung durch das in Filter und Glas befindliche Wasser zweimal weggegossen wird, vom Filtrat werden je 50 ccm in ein Becherglas gebracht, mit je 5 ccm 10prozent. Natronlauge und je etwa 1 g feinflockigem Asbest versetzt und mit je 100 ccm 96prozent. Alkohol unter gutem Umrühren vermischt. Nach kurzer Zeit des Absetzens wird mittelst Saugpumpe das Überstehende durch ein weites (20—22 mm) Asbestfilterrohr abfiltriert und der Rückstand mit 25 ccm Weingeist + 15 ccm Wasser in das Röhrchen gebracht. Das Auswaschen geschieht unter Auswischen des Glases mit einer Federfahne nacheinander mit 25 ccm Alkohol + 15 ccm Wasser, 25 ccm Alkohol + 10 ccm Wasser + 5 ccm Salzsäure (10%), 25 ccm Alkohol + 15 ccm Wasser und zuletzt mit etwas Äther. Der Niederschlag soll dabei mit dem Glasstabe im Röhrchen öfter aufgerührt und schließlich der Glasstab mit der Federfahne im Alkohol abgewischt werden. Darauf werden die Röhrchen nach scharfem Absaugen in einem Luftbade bei etwa 120° unter Hindurchsaugen eines langsamen, in Schwefelsäure

[1]) Zeitschr. f. angew. Chemie, 1900, S. 1074.

getrockneten Luftstromes getrocknet. Nach dem Erkalten im Exsikkator müssen die Röhrchen, da die im Asbest verteilte getrocknete Stärke äußerst hygroskopisch ist, sofort gewogen werden; dann wird die Stärke im Luft- bezw. Sauerstoffstrome verbrannt, und die Röhrchen werden nach dem Erkalten im Exsikkator wieder gewogen. Die Differenz, welche die in 0,2 g Mehl enthaltene reine Stärke angibt, wird durch Multiplikation mit 500 auf Prozente umgerechnet.

Die Stärkebestimmung von O. Lietz.[1]) Lietz hält eine direkte Hydrolyse der Stärke für ungeeignet, er ist mehr für die Methode nach Mayrhofer, wägt aber die Stärke nicht direkt, sondern bestimmt die Stärke durch Inversion und Kupferreduktion. Er bringt 2 Methoden in Vorschlag, und zwar eine für schwach zelluloseh altige und eine für stark zellulosehaltige Substanzen.

A. Ist die zu untersuchende Substanz schwach zellulosehaltig, wie es bei den Eiweißpräparaten Roborat, Energin, Aleuronat usw. der Fall ist, so übergießt man je nach dem Stärkegehalt 2—10 g in einem 500 ccm-Kolben mit einer 5prozent. alkoholischen Kalilauge (mit 90prozent. Alkohol hergestellt), erhitzt die Flüssigkeit ca. 20 Minuten lang am Rückflußkühler zum gelinden Sieden, filtriert den etwas erkalteten Kolbeninhalt an der Pumpe durch eine mit Asbest belegte Siebplatte und wäscht mit 70prozent. heißem Alkohol nach. Man bringt dann den Rückstand zusammen mit dem Asbest in den erwähnten Kolben zurück, spült die letzten, an der Trichterwand haftenden Partikelchen mit heißem Wasser ebenfalls in den Kolben, füllt auf ca. 200 ccm auf und invertiert nach Zusatz 20 ccm Salzsäure $2^1/_2$ Stunden im siedenden Wasserbade. Alsdann kühlt man rasch ab, stumpft bis zur schwachsauren Reaktion mit Kalilauge ab, füllt das Ganze auf 300 ccm auf, bestimmt in 25 ccm die Dextrose nach Allihn und rechnet das Resultat auf Stärke um.

B. Enthält die Substanz Zellulose in größerer Menge, die durch Einwirkung der Säure beim Invertieren zur Fehlerquelle werden könnte, so bringt man den Rückstand samt Asbest, wie oben erwähnt, in den Kolben zurück, fügt 30—60 ccm einer 3—5prozent. wässerigen Kalilauge hinzu und stellt den Kolben solange in ein heißes Wasserbad, bis sich die Masse zum größten Teil gelöst hat. Man füllt darauf den Inhalt des Kolbens auf 400 ccm auf, filtriert 200 ccm durch ein Faltenfilter ab, neutralisiert mit Salzsäure, setzt weitere von 20 ccm dieser Säuren zu, invertiert $2^1/_2$ Stunden und bestimmt dann wie bei A. in 25 oder 50 ccm die Dextrose nach Allihn.

Das Auswaschen des oben erwähnten, bei der Einwirkung der alkoholischen Kalilauge verbleibenden Rückstandes kann in der Weise erfolgen, daß man den Rückstand möglichst nicht auf das Filter bringt, sondern ihn dreimal mit 70prozent. Alkohol erhitzt und diesen abfiltriert. Ein gründliches Auswaschen mit heißem Alkohol bis zur neutralen Reaktion ist unnötig. An Stelle der Asbestfilter können auch quantitative Papierfilter verwendet werden.

Die Stärkebestimmung von V. Gschwendner (Polarisation). Diese Methode ist eine polarimetrische, sie beruht auf Verzuckerung der Stärke und

[1]) Ber. d. Deutsch. Pharm.-Gesellsch. 1902, 12, S. 153.

Polarisation der gebildeten Dextrose. Sie ist eine vereinfachte Stärkebestimmung infolge Stärkeabbau durch Osmose und Hydrolyse unter erhöhter Temperatur. B. Gschwendner benutzt zur Hydrolyse der Stärke eine Flüssigkeit, in der er mittels des Soleil-Ventzkeschen Polarisationsapparates, wie er zur Rohrzuckerbestimmung benutzt wird, den Zuckergehalt feststellt. 1° Ventzke in 20 ccm Rohr entspricht 0,3285 g Dextrosewert oder 0,2957 g Stärke in 100 ccm Flüssigkeit. Die Flüssigkeit zur Hydrolyse wird bereitet durch Auflösen von 100 g Kochsalz in 400 ccm Wasser unter Hinzufügung von 50 ccm Salzsäure von 23,18% Säuregehalt.

Zur Untersuchung werden 5 g oder 7,5 g Mahlgut in einen geeichten 50 ccm-Kolben gebracht und dazu 25 ccm (bei 7,5 g 30 ccm) der obigen Salzlösung hinzugegeben; es wird umgeschwenkt, bis alles verteilt ist und sich keine Klümpchen mehr bilden können. Hierauf wird ein 40 cm langes Glasrohr als Kühler aufgesetzt und der Kolben in ein Chlorkalziumbad (Siedepunkt 107—110° C.) gestellt, in dem man ihn 1½ Stunden kochen läßt. Darauf nimmt man den Kolben heraus, fügt 5 ccm Bleiessig hinzu und schüttelt gut durch. Nach dem Erkalten wird bis zur Marke mit Wasser aufgefüllt und noch dasjenige dem Volumen der Rohfaser usw. entsprechende Volumen (für 5 g Mais = 0,7 ccm) Wasser hinzugefügt, filtriert und das Filtrat mit dem Polarimeter untersucht.

Die Methode gestattet mit konzentrierten Lösungen zu arbeiten, wobei die Versuchsfehler durch die Multiplikation nicht zu erheblich vergrößert werden, ferner ist es gleichgültig, ob die Polarisation in verdünnteren oder konzentrierteren Zuckerlösungen vorgenommen wird, auch gibt die Ausdehnung des Erhitzens während des Hydrolisierens bis auf zwei Stunden die gleichen Ergebnisse. In einer 10prozent. Maislösung wurden 20° Ventzke abgelesen. Daraus berechnet sich der Stärkewert des Mais zu 20 . 0,2957 . 10 = 59,14%.

Die Bestimmung der Stärke durch Polarisation nach G. Belschner (C. J. Lintner).[1] Lintner hat das schon von Dubrunfaut und Effront angewendete Polarisationsverfahren modifiziert, indem er mit G. Belschner die bei der Effrontschen Methode, bei welcher die Stärke durch Umrühren mit konzentrierter Salzsäure in Lösung gebracht, dann mit Wasser verdünnt und polarisiert wird, aufgetretenen Schwierigkeiten vermeidet. Die Schwierigkeiten bestanden darin, daß die Lösung der Stärke eine sehr langwierige war, und daß die Lösung beim Verdünnen mit Wasser wieder Stärke ausschied. Diese Schwierigkeiten werden vermieden, indem die Substanz zunächst mit Wasser verrührt und dann erst die konzentrierte Salzsäure zugesetzt wird; hierbei geht die Stärke in 4—5 Minuten vollständig in Lösung. Um die Ausscheidung der Stärke zu verhüten, wird die Lösung nicht mit Wasser, sondern mit konzentrierter Salzsäure aufgefüllt. Die erhaltenen Ergebnisse stimmen überein, gleichviel, ob man die

---

[1]) Zeitschr. f. d. ges. Brauw. 1907, 8, S. 109.

konzentrierte Salzsäure 10 oder bis zu 60 Minuten einwirken läßt. Ebenso verändert die zu polarisierende Stärkelösung ihr Drehungsvermögen während eines Zeitraumes von 2 Stunden nicht. Der Übelstand der Methode, daß die Stärkelösung für die Polarisation durch Filtrieren nicht blank zu erhalten ist, wird dadurch behoben, daß zu der Flüssigkeit ein Zusatz einer 4prozent. Phosphorwolframsäure (4 g der Säure in 100 Teilen Wasser) gesetzt, dieselbe dann umgeschüttelt und filtriert wird.

Die Ausführung des Verfahrens gestaltet sich nach Lintner folgendermaßen:

5 g feinst gemahlener Substanz werden mit 20 ccm Wasser in einer Reibschale gut verrieben bis keine Knöllchen mehr vorhanden sind. Hierauf werden 40 ccm konzentrierter Salzsäure spez. Gew. 1,19 zugegeben und innig gemischt. Man läßt nun 30 Minuten ruhig stehen, wobei der zuerst hellgelbe dickflüssige Brei bald dunkler und dünnflüssig wird. Nach der angegebenen Zeit wird die Flüssigkeit mit Salzsäure vom spez. Gew. 1,125 in ein 200 ccm-Kölbchen gespült, wobei man sich eines Gummiwischers bedient. Man setzt nun 10 ccm einer 4prozent. Phosphorwolframsäurelösung zu und füllt mit der verdünnten Salzsäure bis zur Marke auf. Nach gehörigem Umschütteln filtriert man durch ein Faltenfilter, dessen Spitze man zum Schutze gegen etwaiges Durchreißen mit einem kleinen glatten Filteer umgeben hat. Das vollkommen blanke Filtrat wird in einem 200 mm-Rohr in einem Laurentschen Halbschattenapparat mit Natriumlicht polarisiert. Man bedient sich zu diesem Zweck mit Vorteil eines Patentbeobachtungsrohres mit Hartgummifassung von Schmidt & Hänsch. Dieses ist an dem einen Ende erweitert, wodurch Luftblasen aus dem Gesichtsfelde entfernt werden. Man hat daher nicht nötig, das Rohr bis zum Überlaufen zu füllen und mit dem Deckgläschen abzustreifen.

Gegen die lästigen Dämpfe der rauchenden Salzsäure schützt man sich zweckmäßig durch die Anwendung eines automatischen Pipettierapparates, indem man die Säure mit möglichst geringem Abstand zu der mit Wasser angerührten Substanz fließen läßt.

Statt 5 g Substanz auf 200 ccm kann man unter Beachtung der entsprechenden Verhältnisse auch 2,5 g auf 100 ccm bringen.

Die Berechnung des Gehaltes an Stärke (c) in 100 ccm der Lösung erfolgt nach der Formel

$$c = \frac{100\,\alpha}{l\,.\,[\alpha]\,D}$$

worin α = der abgelesene Drehungswinkel, l = die Rohrlänge in Dezimetern, $[\alpha]$ D = 200 . 3° das spezifische Drehungsvermögen der Gerstenstärke (204,3 Kartoffelstärke, 202,4 Weizenstärke, 201,5 Maisstärke, 205,5 Reisstärke) bedeuten. Durch Multiplikation von c mit 40 erhält man den Stärkegehalt der Substanz in Prozenten der lufttrockenen Substanz oder indem man die abgelesene Drehung α (Minuten in Zehntelgraden ausgedrückt) mit dem Faktor 9,985 multipliziert.

Für vergleichende Untersuchungen begeht man keinen allzu großen Fehler, wenn man statt 9,985 einfach 10 setzt.



[α] D[20] = 200 . 3° ist mit Gerstenstärke in der salzsauren Lösung mit und ohne Zusatz von Phosphorwolframsäure erhalten worden. Bei reiner Stärke ist ein Zusatz von Phosphorwolframsäure überflüssig, ja unter Umständen schädlich, da er bei längerem Stehen der Lösung zu einer Ausfällung von Stärke führen kann.

Bei einer Anzahl Gersten, mit welchen gleichzeitig der Stickstoff bezw. Proteingehalt bestimmt wurde, sind nach obiger Methode folgende Werte von Belschner erhalten worden.

Wasser %	Stärke % lufttr.	Stärke % Trs.	Protein % Trs.
12,30	56,24	64,13	9,25
11,75	57,08	64,67	9,63
10,94	57,24	64,26	9,81
11,42	55,42	62,56	10,00
12,28	54,92	62,61	11,00
11,41	54,72	61,77	11,56
11,81	54,76	62,09	11,69
12,43	53,22	60,77	12,13
11,75	53,00	60,06	13,38
12,36	51,58	58,86	14,38

Wie man sieht, fällt mit steigendem Proteingehalt der Stärkegehalt und zwar scheint diese Beziehung bei den nach der Polarisationsmethode ermittelten Stärkewerten deutlicher in die Erscheinung zu treten, als dies nach den bisherigen Erfahrungen mit der Dampftopfmethode der Fall ist.

Lintner und Belschner erheben keineswegs den Anspruch, daß das Verfahren den wahren Stärkegehalt genau angibt. Es erfordert auch einige Übung wie alle Polarisationsmethoden, Ablesungsfehler fallen schwer ins Gewicht und führen zu erheblichen Differenzen. Wenn man aber darauf Bedacht nimmt, nur vollkommen klare Lösungen zu polarisieren, welche ja leicht zu erreichen sind, und wenn man rasch hintereinander 5—6 Ablesungen macht, welche bei einiger Übung nicht mehr als 5—6 Minuten differieren werden und aus diesen das Mittel nimmt, so wird man stets brauchbare Resultate erzielen.

Die Bestimmung der gewinnbaren Stärke und des gewinnbaren Klebers im Weizen nach Saare. Für den Praktiker, der umständliche chemische Untersuchungen nicht ausführen kann, und dem es nur darauf ankommt, einen ungefähren Anhalt über die Menge der gewinnbaren Stärke und des gewinnbaren Klebers zu erhalten, genügt folgende mechanische Analyse nach Saare: 50 g Weizen werden zur Quellreife eingequellt unter täglicher Wassererneuerung (2 Tage im Sommer, ca. 3 Tage im Winter), in der Reibschale zerquetscht und die Stärke durch Seidengaze (Nr. 15) in einem großen Glashafen ausgewaschen, nach dem Absitzen abgegossen, auf einem Filter gesammelt, nach dem Ablaufen und mäßigen Antrocknen vom Filtrat abgelöst und erst bei 50° C. lufttrocken gewogen, gepulvert und davon 5 g bei 120° C. absolut trocken gemacht und gewogen.

Das auf dem Sieb bleibende Gemisch von Kleber und Treber wird durch Ausknoten unter Wasser möglichst in beide Bestandteile zerlegt. Dann wird der Kleber in 100—200 ccm 3prozent. Weinsäure langsam gelöst (noch leichter löst er sich in 1—3prozent. Essigsäure, die dann beim Eintrocknen entweicht), durch Sieb filtriert, ausgewaschen und im Wasserbade eingetrocknet, gewogen und um das Gewicht der verwendeten Weinsäure verringert. Die mit Säure nicht behandelten Treber werden bei 105° C. getrocknet.

Beispiel: 50 g Weizen geben:

29,7 g lufttrockene Stärke mit 15% Wasser
= 50,5% absolut trockene Stärke entsprechend 59,4% Handelsware (mit 15% Wasser)
= 10,8 „ Kleber
= 16,2 „ Treber
= 13,7 „ Wasser.

Bei Weizenmehl werden 50 g Mehl direkt in feinster Seidengaze eingeschlagen und unter Wasser ausgeknetet. Die Stärke wird aufgefangen, absitzen gelassen, auf einem Filter gesammelt, getrocknet und gewogen. Der Kleber bleibt auf der Seidengaze zurück, er wird entweder direkt getrocknet und gewogen, oder genauer wie oben bestimmt.

Die Bestimmung des Klebers in Weizenkleber.

10 g Weizenkleber werden in einer Porzellanschale mit Wasser ¼ Stunde dick eingeteigt, mit mehr Wasser dann aufgerührt und in ein großes Becherglas mit Marke bei 1 und 2 l gespült und auf 2 l verdünnt. Nach ¼ Stunde Ruhe wird 1 l der Flüssigkeit abgegossen durch einen Trichter, der als Filter Seidengaze Nr. 15 enthält. Es wird dann wieder auf 2 l aufgefüllt, nach einer Viertelstunde fast völlig durch die Gaze abgegossen, nochmals aufgefüllt und abgegossen. Dann wird der ganze Kleberrückstand auf die Gaze gespült, zusammengedrückt und in einer Porzellanschale solange unter Wasser geknetet, bis der Kleber ganz zusammengeballt ist und sich leicht und vollständig von der Gaze loslöst. Er wird dann getrocknet und lufttrocken gewogen.

Die gesammelten Abgußwässer kann man absitzen lassen, abhebern und den Rückstand bei 37,5° C. im Wasserbade eintrocknen.

Apparat zur schnellen Bestimmung der Trockensubstanz im Weizenkleber von W. Bremer.[1])

Durch den Apparat soll die Schwierigkeit bei der Bestimmung der Trockensubstanz im Weizenkleber bedeutend verringert werden. Während die Austrocknung bisher 36—48 Stunden in Anspruch nahm, wird durch diesen Klebertrockenapparat diese Zeit auf 4—5 Stunden herabgesetzt. Soll nämlich der Kleber schnell austrocknen, so ist er auf eine möglichst große Fläche auszubreiten

1) Chemiker-Ztg. 1907, Nr. 88 S. 1098.

und ausgebreitet zu halten. Zu dieser wichtigen Vorbereitung, die gleichzeitig mit einer Vortrocknung verbunden ist, dienen 2 doppelt geschliffene Schieferplatten, die in eine Metallhülse eingeschoben sind, aus der sie leicht herausgezogen werden können. Durch eine entsprechende Verbindung der Platten ist es möglich, diese nach vorwärts bezw. links, wie auch nach rückwärts bezw. rechts voneinander abzuheben. Nachdem das Klebestück zu einer möglichst dünnen Lamelle auf der einen Tafel ausgebreitet ist, wird die andere Tafel nicht zu stark darauf gedrückt und nach einigen Sekunden nach links weiter geklappt. Das Kleberstück haftet alsdann fast immer an der abgehobenen Tafel, und die zuerst benutzte Tafel kann umgewendet werden, um die trockene Seite mit dem Kleberstück in Berührung zu bringen. Auf diese Weise können nacheinander alle 4 Seiten der Schiefertafeln mit dem Kleberstück in Berührung gebracht werden, wodurch eine äußerst wirksame Vortrocknung des Klebers bewirkt wird. Sind alle 4 Seiten der Schieferplatten benutzt, und ist der Kleber zäh geworden, so wird er auf einen Porzellanzylinder gebracht. Meist löst sich der Kleber glatt von der Schieferplatte, wenn der Porzellankörper mit leichtem Druck über die Kleberplatte gerollt wird. Haftet der Kleber sehr fest, so ist größere Vorsicht geboten. Die Mantelfläche des Zylinders, dessen Stirnwand als Griff dient, ist siebartig durchlöchert, so daß bei der nun erfolgenden Trocknung bei 105—110° C. das verdunstete Wasser von der Ober- und Unterseite schnell entweichen kann. Ein Zusammenschrumpfen des Klebers zu kompakten Klumpen, die nur schwierig austrocknen, ist nicht mehr möglich, so daß bei Verwendung von 15 g Weizenmehl sicher nach 4—5stündiger Trocknung, meist aber schon nach 4—5stündiger, gleichbleibendes Gewicht erzielt wird.

Zur Abkühlung und Wägung des Porzellankörpers ist ein zweckmäßig konstruiertes Wägegläschen beigegeben. Eine geräumige Vertiefung am Boden des Glases kann zur Aufnahme irgend einer andern Substanz, Getreide oder Mehl, zur gleichzeitigen Bestimmung des Wassers dienen. Der Apparat wird von der Firma Paul Altmann, Berlin NW. 6, vorrätig gehalten.

Die Prüfung der Klebkraft des Klebers.

Um festzustellen, ob der Kleber die gewünschte Klebekraft hat, wird in der Praxis folgende Methode angewendet: Ein Wasserglas wird zu einem Drittel mit gebrochenen Kleberblättchen beschickt, mit Wasser vollgefüllt und $1^1/_2$ Stunden bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Nach dieser Zeit wird das Wasser abgelassen und der nun mit Feuchtigkeit genügend gesättigte Kleber mit einem Stäbchen kräftig durchgerührt. Ein guter, marktfähiger Kleber muß hierbei nach 5—10 Minuten langem Durchkneten an den Wandungen des Glases haften bleiben und sich in lange Fäden ausziehen lassen. Ein Kleber, der nicht genügend gegoren hat, also zu früh gestrichen wurde, wird stets Klumpen bilden und sich nicht in Fäden ausziehen lassen. In der Praxis ist ein Kleber streichfähig, d. h. durch Gärung genügend dünnflüssig geworden, wenn er sich leicht durchrühren läßt und vom Spatel gleichmäßig, ohne zu reißen, abfließt.

Die Bestimmung der gewinnbaren Stärke in Mais nach Behr.

Zur Ermittelung der gewinnbaren Stärke ist die Bestimmung der Maistreber und der löslichen Stoffe nötig.

a) **Bestimmung der Maistreber:** 1 g Trockensubstanz wird mit 50 ccm Wasser eine Stunde im Wasserbade im zugedeckten Metallbecher erhitzt, nach dem Abkühlen auf 60° C. werden 50 ccm Malzauszug (10 g Malz auf 100 ccm Chloroformwasser) zugefügt, 2 Stunden bei 60° C. digeriert und dann 0,5 bis 1 Stunde gekocht und durch ein gewogenes Filter filtriert. Das Filter mit Rückstand wird getrocknet und gewogen. Gleichzeitig werden 50 ccm Malzauszug für sich aufgekocht, der Niederschlag gewogen. Die Differenz beider Wägungen ist Maistreber. Der Verlust ist Stärke und Lösliches.

b) **Bestimmung der löslichen Stoffe:** 1 g Mais wird mit etwa 0,25prozent. schwefliger Säure über Nacht hingestellt und dann mit ebensolcher Säure ausgewaschen, so daß die Waschwässer etwa 250 ccm betragen. Der Rückstand wird zur Entfernung des Maisfettes mit Alkohol und Äther gewaschen, getrocknet und gewogen. Dieses Gewicht vermindert um das Gewicht der Treber ist Stärke.

Beispiel: b) 1 g gab nach dem Quellen in SO_2 = 0,8167 g Rückstand
a) 1 „ „ „ „ Maischen = 0,2597 „ „
50 ccm Malzauszug aufgekocht = 0,0229 „ „
= 0,2368 g Treber
= 0,5799 „ Stärke

1 g = 0,5799 g Stärke; der Mais enthält demnach 57,99% Stärke.

Bei der Berechnung der gewinnbaren Stärke ist nun noch der Eiweißgehalt des Mais zu berücksichtigen. Das Eiweiß hält einen Teil der Stärke von der Gewinnung zurück, indem es mit den Stärkezellen verkittet diese am Absitzen hindert und dadurch die Ausbeute verringert. Man rechnet gewöhnlich auf 1% Protein 1% Stärke als Verlust.

Hat nun z. B. die Stickstoffbestimmung einen Eiweißgehalt des Mais von 8,71% ergeben, so sind an gewinnbarer wasserfreier Stärke 57,99—8,71 = 49,28% zu erwarten, oder bei einem Wassergehalt der Handelsstärke von 12,5% aus 100 kg Mais 56,3 kg Handelsstärke.

Die Prüfung auf genügende Schwefelung der Maismaische.

Das Macerieren der Maismaische mit schwefliger Säure hat den Zweck, die Stärkekörner von den anhaftenden Substanzen wie Eiweiß u. a. zu trennen. Zur Feststellung, ob genügend schweflige Säure (SO_2) angewendet ist, bedient man sich einer $^1/_{10}$ Normal-Jodlösung. Die schweflige Säure entfärbt Jodlösung, Jodlösung färbt Stärke blau. Solange also kein Überschuß an Jod in der Maismaische vorhanden ist, wird die Stärke nicht blau gefärbt, sondern die Jodlösung entfärbt. Die Prüfung geschieht in der Weise, daß eine Probe der Maische filtriert und mit Jodlösung titriert wird, bis das Filtrat gerade blau gefärbt

wird. In der Praxis wird eine Maismaische für genügend geschwefelt angesehen, wenn 10 ccm des Maischfiltrates 8—8,5 ccm $^1/_{10}$ Normal-Jodlösung verbrauchen.

Die Untersuchung der Stärke.

Aschenbestimmung siehe wie bei Kartoffelstärke S. 77.

Ausgiebigkeits- (Klebfähigkeits-) Bestimmung siehe wie bei Kartoffelstärke S. 78.

Fettbestimmung siehe wie bei Rohfrucht S. 91.

Reinheitsgradbestimmung siehe wie bei Kartoffelstärke S. 63.

Rohfaserbestimmung siehe wie bei Rohfrucht S. 93.

Säurebestimmung siehe wie bei Kartoffelstärke S. 76.

Stickstoffbestimmung siehe wie bei Rohfrucht S. 86.

Wasserbestimmung siehe wie bei Kartoffelstärke S. 75.

Die Bestimmung der Alkalität der Stärke.

Diese Bestimmung wird analog der Säurebestimmung in Stärke wie auf S. 76 beschrieben ausgeführt. Zur Titration wird statt $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge $^1/_{10}$ Normal-Schwefelsäure angewendet.

Berechnung: 25 g Reisstärke verbrauchten 21 ccm $^1/_{10}$ Normal-Schwefelsäure oder 2,1 ccm Normal-Schwefeläure, demnach verbrauchten 100 g = 8,4 ccm Normal-Schwefelsäure (SO_3).

Da 1 ccm Normal SO_3 = 0,04 NaOH entsprechen, so entsprechen
8,4 „ „ „ = 0,336 „ . Die Reisstärke hat demnach eine Alkalität von 0,336 %.

Die Prüfung der Qualität der Reisstärke.

Diese Prüfung dient nach J. Berger namentlich dazu, um zu erkennen, ob der Reis vielleicht durch Nässe beschädigt wurde. Eine solche Beschädigung kann man dem Reis äußerlich nicht ansehen, er gibt aber dann mittelmäßige Stärke, die schlechten Kleister liefert. Die Prüfung erfolgt in der Weise, daß man den mit Natronlauge extrahierten Reis zerreibt, mit dünner Lauge wieder aufrührt, durch ein Filter von Seidengaze gibt und die durchgeseihte Stärke auf einer kleinen Laboratoriumszentrifuge vom beigemischten Kleber befreit. Von der erhaltenen reinen Stärke kocht man Kleister, wobei stets dieselben Verhältnisse zwischen Stärke und Wasser eingehalten werden. J. Berger nimmt z. B. 6 g Stärke auf 100 ccm Wasser. Die Konsistenz (Klebfähigkeit, Ausgiebigkeit) des Kleisters wird dann geprüft (S. 78).

Die Bestimmung des Stärkestoffes in der Stärke.

Unter Stärkestoff werden alle diejenigen Stoffe verstanden, welche zur Gruppe der Kohlehydrate gehören (Amylose, Amylopektin), d. h. derjenigen Verbindungen, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, in welchen die beiden letzten Elemente in dem Verhältnisse (2 : 1) enthalten sind, wie sie

im Wasser (H_2O) vorkommen und welche 6 C. oder ein Vielfaches hiervon enthalten. Die prozentische Zusammensetzung dieser Stoffe ist folgende: C (Kohlenstoff) = 44,44%, H (Wasserstoff) = 6,17% und O (Sauerstoff) = 43,39%. Die Stoffe mit dieser Zusammensetzung machen die Hauptmenge der Bestandteile der Stärke aus. In Prozenten ausgedrückt sind ca. 96 bis 99% davon in der Stärke vorhanden.

Zur Bestimmung dieses Stärkestoffes sind alle Methoden anwendbar, welche zur Bestimmung der Stärke in der Kartoffel und in den Getreidearten benutzt werden. Außer den schon im vorhergehenden beschriebenen Stärkebestimmungsverfahren werden noch folgende direkt für die Bestimmung des Stärkestoffes in der Stärke angewendet:

Die Bestimmung des Stärkewertes durch Gärung.

Diese zuerst für Zucker von Delbrück, Jodlbauer und Pasteur angewendete Methode ist von Munsche auf Delbrücks Veranlassung im Laboratorium des Institutes für Gärungsgewerbe in Berlin auf Stärke übertragen und für Reinstärke bewährt befunden. Die Ausführung ist wie folgt:



Abb. 30. Gärflasche.

Die in einen Kolben gebrachte, abgewogene Menge Stärke (8 g) wird mit 25 ccm Malzauszug (1 Teil Luftmalz + 10 Teile Wasser 2 Stunden extrahiert) und 100 ccm Wasser unter allmählicher Temperatursteigerung verflüssigt. Sobald vollständige Lösung eingetreten ist, wird unter Einhaltung einer Temperatur zwischen 61,25° bis 63,75° C. nach Zusatz von weiteren 75 ccm desselben Malzauszuges bis zur vollständigen Zuckerbildung gemaischt, worauf man die Temperatur bis auf 65° C. steigen läßt und bei dieser Temperatur ½—¾ Stunden zur Abtötung der aus dem Malzauszug stammenden Organismen erhält. Jetzt kühlt man rasch ab, versetzt mit 3 ccm sterilisierter Hayduckscher Mineralnährlösung (50 g saures phosphorsaures Kalium und 17 g schwefelsaures Magnesium auf 1 l Wasser) und fügt als stickstoffhaltigen Nährstoff 0,4 g Asparagin auf 100 ccm Gärflüssigkeit hinzu. Als Hefe verwendet man etwa 50% des Gewichtes der angewendeten Stärke einer spaltpilzfreien, gärkräftigen Reinzuchthefe (Rasse II) und führt die Gärung bei 32,5°—34° C. Diese verläuft in etwa 60 Stunden vollständig. Den Gärkolben versieht man mit einem Schwefelsäureaufsatz zur Absorption der mit der Kohlensäure entweichenden Wasserdämpfe, der in Abb. 30 dargestellt ist. Dann bestimmt man den Kohlensäureverlust nach 60 Stunden durch Wägung, nachdem man die Kochflasche zuvor zur Entfernung der von der Gärflüssigkeit gelösten Kohlensäure erwärmt und einen langsamen Strom trockener Luft hindurchgesogen hat. Bei einem Parallelversuch setzt man 100 ccm desselben Malzextrakts mit der gleichen Hefemenge an und zieht die hierbei entwickelte

Kohlensäure von der Kohlensäuremenge des Hauptversuches ab. Nach Munsche lieferten 100 g trockene reine Stärke bei der Gärung im Mittel 51,29 g Kohlensäure. Man kann das Ergebnis auch aus dem durch die Gärung gebildeten Alkohol nach der von Munsche ermittelten Grundlage, daß 100 g trockene reine Stärke 53,43 g Alkohol geben, berechnen. Man muß dann aber, da geringe Alkoholmengen mit den Wasserdämpfen in den Schwefelsäureverschluß übergehen, die Schwefelsäure vor der Destillation dem Gärrückzustande zufügen.

Die Bestimmung des Stärkewertes durch Ausfällung mit Jod.

Dieses Verfahren von Albert Kayser gründet sich auf die vollständige Ausfällung verkleisterter Stärke durch Jod bei Gegenwart von essigsaurem Natron. Die Bestimmung wird wie folgt ausgeführt:

Von einer durch Verkleisterung und Abkühlen erhaltenen 1prozent. Stärkelösung werden 50 ccm mit 10 g Natriumacetat versetzt, auf 50° C. erwärmt und unter Rühren mit 25 ccm Jodlösung (5 g Jod und 10 g Jodkalium im Liter) gefällt, so daß ein kleiner Jodüberschuß vorhanden ist. Der Niederschlag wird auf einem gewogenen Filter gesammelt, mit einer 3prozent. Natriumacetatlösung gewaschen, mit Alkohol in eine Porzellanschale gespült und mit ca. 5 ccm einer 5prozent. alkoholischen Kalilösung versetzt und gelinde erwärmt, wobei amorphe Stärke zurückbleibt. Man säuert dann mit alkoholischer Essigsäure genügend an, läßt zur Entfernung alles Alkali einige Zeit stehen und bringt den Niederschlag auf das gewogene Filter zurück, wäscht 8mal mit heißem Weingeist, dann mit absolutem Alkohol und Äther und trocknet 4 Stunden bei 120° C. Die Stärke muß sich in Wasser fast klar lösen, ein Rückstand (Stärkezellulose) ist nach dem Trocknen abzuziehen. Da die Stärke sehr hygroskopisch ist, muß in geschlossenem Gefäß gewogen werden.

Die Bestimmung von H. Witte.[1])

Die Ausführung dieser Methode für Weizenmehl ist auf Seite 95 unter G. Baumert und H. Bode schon beschrieben. Kommt statt Mehl Weizenstärke (Handelsstärke) zur Untersuchung, so kann man wegen des geringeren Proteingehaltes der Stärke die Substanz in einem Becher aufschließen und braucht auch nur auf 250 ccm aufzufüllen. Es werden dann 2 g der Weizenstärke in einem Becher behandelt, die Lösung wird auf 250 ccm aufgefüllt, und davon werden je 20 ccm + 5 ccm Natronlauge mit 120 ccm Alkohol gefällt. Zum Auswaschen werden 25 ccm Alkohol + 5 ccm Wasser bezw. 5 ccm Salzsäure angewendet. Durch Multiplikation mit 625 wird das Resultat auf Prozente umgerechnet.

Die Behandlung der Kartoffelstärke ist analog derjenigen der Weizenstärke, doch genügt schon ein Druck von $3^1/_2$ Atm.

Bei Mais- und Reisstärke muß ein Druck von $4^1/_2$ Atm. angewendet werden, da sonst keine klaren, filtrierbaren Lösungen erzielt werden. Die Zeit von

[1]) Zeitschr. f. Unters. d. Nahr.- usw. Mittel 1904, 7, S. 65.

2 Stunden und der Druck von 4,5 Atmosphären dürfen weder verkürzt, resp. erniedrigt noch verlängert resp. erhöht werden, weil in dem Falle die Ergebnisse niedriger ausfallen. Im übrigen wird genau so verfahren wie bei Weizenstärke.

Nach dem von H. Witte mitgeteilten Analysenbefund verschiedener Stärken ist die Übereinstimmung der aus der Differenz berechneten Werte für Stärke und der gewichtsanalytischen Befunde eine gute. So fand Witte bei:

	Weizenstärke %	Kartoffelstärke %	Reisstärke %	Maisstärke %
Stärke aus der Differenz von 100	84,681	82,927	86,572	85,004
Stärke gewichtsanalytisch	84,500	82,860	86,500	85,055

Die Stärkebestimmung durch Hydrolyse mittelst Salzsäure.

A. Rössing[1]) hat die Sachßesche Methode umgeändert und wendet zur Berechnung der Stärke aus der Dextrose einen um 0,03 höheren Faktor an. Nach Sachse werden 3 g Stärkemehl mit 200 ccm Wasser verkleistert und mit 15 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,125) im kochenden Wasserbade $2^1/_2$ Stunden erhitzt; nach dem Erkalten wird die Lösung fast neutralisiert und auf 100 ccm aufgefüllt; 25 ccm dieser Lösung (= 0,15 g) werden zur Bestimmung der Dextrose nach Allihn angewendet; die für Dextrose gefundenen Zahlenwerte werden durch Multiplikation mit 0,9 auf Stärke umgerechnet.

Nach Rössing werden 2 g Stärkemehl mit 100 ccm Wasser verkleistert und mit 15 ccm rauchender Salzsäure (spez. Gew. 1,19) 2 Stunden lang in siedendem Wasser am Rückflußkühler erhitzt; nach dem Erkalten wird die Flüssigkeit annähernd neutralisiert, auf 250 ccm aufgefüllt und, wenn nötig, filtriert. 25 ccm davon (= 0,2 g) werden zur Bestimmung der Dextrose angewendet; die für Dextrose gefundenen Zahlenwerte werden durch Multiplikation mit 0,93 auf Stärke umgerechnet.

Rössing hat fünf reine Stärkesorten des Handels untersucht. Die Zusammensetzung dieser Stärkesorten, bei denen die Stärke zunächst aus der Differenz berechnet wurde, war folgende:

	Weizenstärke	Kartoffelstärke	Reisstärke	Maisstärke	Marantastärke
Wasser	13,60	17,60	13,74	11,92	14,94
Asche	0,08	0,26	0,88	0,14	0,14
Eiweißstoffe . .	0,34	0,12	0,28	0,13	0,12
Zellulose . . .	0,13	0,03	0,53	0,04	0,43
Fett	0,17	0,07	0,11	0,09	0,09
Stärke (berechnet)	85,68	81,92	84,46	87,68	84,28
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

[1]) Zeitschr. f. öffentl. Chemie, 10, S. 61.

Die Stärkebestimmung mit Anwendung des Faktors 0,9 ergab:

	Weizenstärke	Kartoffelstärke	Reisstärke	Maisstärke	Marantastärke
Nach Sachße . .	80,65	78,48	81,06	84,15	81,24
„ Rössing .	82,67	79,29	81,68	84,87	81,54

Den aus der Differenz berechneten Stärkeprozenten stehen die nach Rössing mit Anwendung des Faktors 0,93 erhaltenen Zahlenwerte am nächsten. Rössing erhielt:

	Stärke berechnet	Stärke gefunden
Weizenstärke	85,68	85,42
Kartoffelstärke	81,92	81,93
Reisstärke	84,46	84,40
Maisstärke	87,68	87,70
Marantastärke. . . .	84,28	84,26

Die bei der Untersuchung obiger fünf Stärkesorten erhaltenen Zahlen für Dextrose waren folgende:

	Weizenstärke	Kartoffelstärke	Reisstärke	Maisstärke	Marantastärke
Nach Sachße . .	89,61	87,20	90,07	93,50	90,27
„ Rössing .	91,85	88,10	90,75	94,30	60,60

Die Stärkebestimmung durch Polarisation.

Wie bei der Bestimmung der Stärke in Kartoffeln und Cerealien, so hat man auch bei der Bestimmung des Stärkestoffes in der Stärke versucht, die allgemein übliche Stärkebestimmungsmethode durch Hydrolyse mittelst Diastase und Säuren und folgender gewichtsanalytischer Bestimmung der gebildeten Dextrose durch Kupferreduktion zu verbessern. Außer den schon beschriebenen Methoden von B. Gschwendner und G. Belschner haben u. a. auch H. Weller, E. Evers und Fr. Neumann auf polarimetrischem Wege eine Stärkebestimmung ausgeführt.

H. Weller bringt die Stärke mit Chlorzink und Salzsäure in Lösung und polarisiert oder fällt durch Alkohol aus und wägt.

E. Evers[1]) hat diese Methode von Weller nachgeprüft und gefunden, daß bei Kartoffelstärke gute Resultate erzielt werden, dagegen bei Weizenstärke wegen ihrer schweren Aufschließbarkeit nicht. Diese behandelt er mit Eisessig, dann mit verdünnter Salzsäure und erzielt so eine leichte und vollständige Löslichkeit in heißem Wasser. Die mitgelösten Eiweißstoffe fällt er durch gesättigte Ferrocyankaliumlösung oder auch durch das von Weller benutzte Quecksilberchlorid. Die Polarisation wurde in einem Halbschatten=Saccharimeter mit deutscher Zuckerskala (Grade Ventzke=Soleil) im 200 mm=Rohr ausgeführt. Zur Beleuchtung diente durch Bichromatlösung filtriertes Auerlicht. Zur Filtration wurde besonders dichtes Filtrierpapier benutzt, meist Doppelfilter, die dann auch ein sofort klares

[1]) Zeitschr. f. öffentl. Chemie, 1905, S. 407.

Filtrat ergaben. Um das Drehungsvermögen der Reisstärke genau festzustellen, war die Ausführung zweier polarimetrischer Bestimmungen notwendig. Außer der Drehung des völlig gelösten Materials mußte auch die eines Auszuges festgestellt werden, welcher die Stärke unangegriffen zurückließ, jedoch die übrigen optisch aktiven Substanzen (lösliche Kohlehydrate und Eiweißstoffe) genau in derselben Menge wie die erstere Lösung enthielt. Zur Stärkebestimmung in Handelsstärke sind eine Polarisation der Lösung von 10 g Substanz auf 200 ccm und ein analoger blinder Versuch nötig. (Bei der Ermittelung des Stärkegehaltes in Mehl ist außerdem noch eine Polarisation der Lösung von 5 g Substanz auf 200 ccm nebst zugehörigem blinden Versuch notwendig, um das Volumen der Eiweisfällung berechnen und bei der Korrektur den abgelesenen Drehungswinkel berücksichtigen zu können.)

Die Ausführung des blinden Versuches geschieht wie folgt: 50 ccm Eisessig werden in einem Meßkolben abgemessen und etwa 25 ccm davon in einen 200 ccm-Kolben gebracht, ohne dabei dessen Hals zu benetzen. Darauf werden 10 g der Substanz in den Kolben geschüttet, ein Gummistopfen aufgesetzt und kräftig geschüttelt, bis eine feine Verteilung erreicht ist. Mit dem Rest des Eisessigs wird der Stopfen und der Kolbenhals abgespült. Der Kolben wird dann in ein siedendes Wasserbad gehängt und 20 Minuten darin belassen, sodann Wasser von 20° bis auf 180 ccm zugefügt und $^1/_2$—$^3/_4$ Stunde, bei Mehl bis zu 1 Stunde, im Wasserbade bei 45° C. unter häufigem Umschütteln digeriert. (Bei Kartoffelstärke fällt die Digestion mit Wasser bei 45° C. fort, da hierbei schon eine Lösung der Stärke beginnt.) Nach dem Erkalten wird mit 2 ccm gesättigter Ferrocyankaliumlösung (bei Mehl bis 3 ccm) versetzt, genau auf 20° C. temperiert, auf 200 ccm gefüllt, filtriert und polarisiert.

Der Hauptversuch, die Auflösung der Stärke in Eisessig, Salzsäure und heißem Wasser, sowie die Klärung geschieht wie folgt:

10 g Substanz werden genau in derselben Weise wie bei dem „blinden Versuch" in einem 200 ccm-Kolben in 50 ccm Eisessig verteilt und diese Mischung 10 Minuten im kochenden Wasserbade erhitzt. Dann werden 10 ccm einer durch Verdünnen von 25prozent. Salzsäure im Verhältnis 1 : 10 mit Wasser (50 ccm auf 500 ccm) erhaltenen Salzsäure zugefügt und genau 6 Minuten in siedendem Wasserbade belassen, wobei nach Ablauf einer jeden Minute umgeschwenkt wird. Sodann wird mit heißem Wasser auf etwa 180 ccm gefüllt und — mit Ausnahme der Kartoffelstärke, die sofort ins Kühlwasser kommt — noch 15 Minuten im kochenden Wasserbade digeriert, dann auf etwa 20° C. abgekühlt, mit 2 ccm Ferrocyankaliumlösung versetzt (bei Mehl 3 ccm), genau auf 20° C. temperiert, aufgefüllt, filtriert und im 200 mm-Rohr polarisiert.

Die Berechnung geschieht nach folgender Formel:

Bezeichnet man mit a die Polarisation der Lösung 10 g : 200 ccm, mit b die der Lösung 5 g : 200 ccm, beide nach Abzug der bei den betreffenden blinden Versuchen gefundenen Werte, mit x das Volumen des Niederschlages in 100 ccm Lösung, so ist $x = \frac{100a - 200b}{a - b}$ und $\frac{[100 - x] \cdot a}{100}$ gleich der wirk-

lichen Polarisation von 10 g in 200 ccm. Das spezifische Drehungsvermögen $[a]D^{20^0}$ wird nach folgender Formel berechnet: $[a]D^{20^0} = \frac{a \cdot 100}{L \cdot c}$, worin a der Drehungswinkel, L die Länge der Röhre in Dezimetern und c die Anzahl Gramme Substanz in 100 ccm Lösung ist. Evers erhielt bei der polarimetrischen Untersuchung von Stärke- und Mehlproben folgende Zahlen:

Muster	I. Hauptversuch 10 g auf 200 ccm im 200 mm-Rohr	I. blinder Versuch 10 g auf 200 ccm im 200 mm-Rohr	II. Hauptversuch 5 g auf 200 ccm im 200 mm-Rohr	II blinder Versuch 5 g auf 200 ccm im 200 mm-Rohr	Korrigierte Polarisation der Stärke aus 10 g auf 200 ccm im 200 mm-Rohr	Reinstärke im Muster	Polarisation auf Reinstärke berechnet 10 : 200 im 200 mm-Rohr		$[a]D^{25}$ für Reinstärke (in ca. 5 prozent. Lösung ermittelt)
	° V.-S.	° V.-S.	° V.-S.	° V.-S.	° V.-S.	%	° V.-S.	Kreisgr. D.[1]	Kreisgr.
Weizenstärke 1	+ 44,8	+ 0,1	+ 22,4	—	+ 44,7	84,83	+ 52,7	+ 18,28	+ 183,0
" 2	+ 45,6	+ 0,2	+ 22,8	—	+ 45,4	86,00	+ 52,8	+ 18,32	
Weizenmehl 1	+ 36,5	— 1,2	+ 18,3	— 0,5	+ 37,5	71,13	+ 52,7	+ 18,28	+ 183,35
" 2	+ 36,6	— 1,4	+ 18,2	— 0,7	+ 37,6	70,98	+ 53,0	+ 18,39	
Reisstärke . .	+ 45,7	+ 0,2	+ 22,85	—	+ 45,5	86,55	+ 52,6	+ 18,25	+ 182,5
Maisstärke .	+ 45,2	+ 0,2	+ 22,6	—	+ 45,0	85,87	+ 52,4	+ 18,18	+ 181,8
Kartoffelstärke.	+ 44,6	+ 0,1	+ 22,3	—	+ 44,5	82,75	+ 53,8	+ 18,66	+ 186,6

Fr. Neumann (Zeitschrift für Spiritusindustrie, 1907, Nr. 45) hat auf Veranlassung des Verfassers die Methode von Gschwender nachgeprüft und dabei gefunden, daß das Arbeiten im Chlorkalziumbad sehr umständlich ist, und daß auch die Anwendung des auf theoretischem Wege gefundenen Faktors 0,2957 nicht ohne Bedenken ist. Er hat das Chlorkalziumbad durch das gewöhnliche Wasserbad ersetzt und den Polarisationsfaktor auf empirischem Wege ermittelt. Die Ausführung der Untersuchung ist folgende:

10 g der zu untersuchenden Probe gibt man ohne Verlust in ein 100 ccm-Kölbchen, fügt 50 ccm Kochsalz-Salzsäurelösung hinzu und schwenkt gut um, so daß alle Substanzteilchen von der Flüssigkeit benetzt werden und sich keine Klümpchen bilden. Hierauf versieht man das Kölbchen mit einem 0,5 m langen Steigerohr und setzt es in das bereits lebhaft kochende Wasserbad. Nach einigen Minuten schwenkt man um. Nach weiteren 10 und 15 Minuten wird abermals umgeschwenkt. Das dreimalige Umschwenken ist bei Stärken zur Erzielung einer konstanten Drehung notwendig, bei stärkehaltigen Produkten wie Mais und Gerste muß das Umschwenken noch öfter wiederholt werden. Das Kölbchen bleibt genau 1 Stunde im lebhaft kochenden Wasserbade. Danach werden 10 ccm Bleiessig

[1]) Bei der Umrechnung auf Kreisgrade und Natriumlicht sind 100° Ventzke-Soleil = 34,69 Kreisgraden bei 20° C. gesetzt.

zugesetzt, der Kolbeninhalt abgekühlt und bei Zimmertemperatur (18—20° C.) zur Marke aufgefüllt. Sodann gibt man einige Messerspitzen mit Salzsäure gereinigter Knochenkohle hinzu, schüttelt gut durch, läßt einige Zeit (¼ Stunde) unter eventuell wiederholtem Umschütteln stehen, filtriert und polarisiert das fast wasserhelle Filtrat im 200 mm-Rohr. Der abgelesene Polarisationsbetrag wird mit dem für jede Stärkesorte etwas verschiedenen Polarisationsfaktor multipliziert, das Resultat ist der Stärkegehalt in Prozenten.

Fr. Neumann stellte den Polarisationsfaktor fest bei Zuckerteilung nach Soleil-Ventzke und bei Kreisteilung. Bei Zuckerteilung ist der Faktor für Kartoffelstärke 2,8721, für Maisstärke 2,938, für Reisstärke 2,944, für Weizenstärke 2,918. Bei Kreisteilung ist der Faktor der Kartoffelstärke 8,288, Maisstärke 8,478, Reisstärke 8,497 und für Weizenstärke 8,420.

Die Kochsalz-Salzsäurelösung wird wie folgt hergestellt:

200 g Kochsalz werden mit 800 ccm Wasser gelöst. Hierzu gibt man 220 ccm konzentrierte Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1,125 und filtriert. Das Filtrat ist die zum Gebrauch fertige Lösung. Es empfiehlt sich, stets drei Kölbchen anzusetzen, die gleiche Drehungen geben müssen.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Stärke.

Das Gewicht eines Körpers, verglichen mit dem Gewicht des gleichen Raumteiles Wasser, nennt man das spezifische Gewicht dieses Körpers. Das spezifische Gewicht ist demnach eine Zahl, welche angibt, wievielmal schwerer ein bestimmter Raumteil des Stoffes ist als ein gleicher Raumteil Wasser. Das Gewicht dieses Raumteils Wasser ist die Gewichtseinheit, das spezifische Gewicht des Wassers ist gleich 1. Das spezifische Gewicht wird beeinflußt durch die Temperatur; mit wachsender Temperatur dehnen sich die Körper aus, nehmen einen größeren Raum ein und erniedrigen dadurch ihr spezifisches Gewicht. Das Wasser allein macht hiervon eine Ausnahme. Erwärmt man nämlich Wasser von 0°, so tritt zuerst eine Zusammenziehung ein, bis die Temperatur von 4° C. erreicht ist; von da ab nimmt das Volumen wieder zu. Ein bestimmtes Gewicht Wasser nimmt daher bei 4° C. den kleinsten Raum ein; bei allen anderen Temperaturen, seien sie niedriger oder höher als 4° C., nimmt das Wasser einen größeren Raum ein. Diese Tatsache hat man zur Feststellung der Einheit der Gewichte nach dem metrischen System benutzt. Man bezeichnet nämlich das Gewicht von 1 ccm Wasser bei 4° C. als ein Gramm.

Da das spezifische Gewicht einer Flüssigkeit die Zahl ist, welche angibt, wievielmal schwerer ein bestimmter Raumteil der Flüssigkeit ist als der gleiche Raumteil Wasser, so erhält man dasselbe, wenn man das Gewicht der Flüssigkeit durch das Gewicht des gleichen Raumteiles Wasser teilt. Wiegt daher ein bestimmter Raumteil einer Flüssigkeit p Gramm und ein gleich großer Raumteil Wasser o Gramm, so ist das spezifische Gewicht s der Flüssigkeit;

$$s = \frac{p}{o}.$$

Bei der Bestimmung des spezifischen Gewichts der Stärke muß man unterscheiden zwischen dem der lufttrockenen und dem der wasserfreien Stärke. Außerdem ist zu beachten, daß bei dem Zusammentreffen von Stärke mit Wasser eine Temperaturerhöhung stattfindet, die nicht ohne Einfluß auf das spezifische Gewicht ist. Um diesen Einfluß aufzuheben, hat man bisweilen das Wasser als Versuchsflüssigkeit ersetzt durch andere Flüssigkeiten, wie z. B. Toluol. Auch der Wassergehalt der lufttrockenen Stärke beeinflußt das spezifische Gewicht, indem dasselbe bei höherem Wassergehalt der Stärke geringer ist, als bei niedrigem Wassergehalt. Da bei der Trocknung der Stärke die Stärkekörner einschrumpfen, so wird das spezifische Gewicht derselben schwerer. An der Luft nehmen sie aber wieder Wasser auf und werden dann wieder leichter. Die Wasseraufnahme ist je nach der Herkunft der Stärke eine verschiedene. Für die Beurteilung des spezifischen Gewichtes ist es notwendig zu wissen, ob eine wasserfreie oder lufttrockene Stärke, im letzten Falle mit welchem Wassergehalt, bestimmt ist, welche Versuchsflüssigkeit herangezogen ist, bei welcher Temperatur die Bestimmung ausgeführt, und auf welche Temperatur der Versuchsflüssigkeit Bezug genommen ist. Man deutet die Temperatur in der Weise an, daß man in der Formel $s = \frac{p}{o}$ die Temperatur der Stärkelösung rechts oben (als Exponent) und diejenige der Versuchsflüssigkeit (Wasser oder Toluol) rechts unten (als Index) an den Buchstaben s setzt. $s\left(\begin{matrix}17{,}5^0 \\ 17{,}5^0\end{matrix}\text{ C.}\right) = \frac{p}{o}$ bedeutet z. B. das spezifische Gewicht eines Stoffes bei 17,5° C., bezogen auf Wasser von 17,5° C.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichts der Stärke wird unter Benutzung eines sogenannten Pyknometers (pyknos = dicht; Pyknometer = Dichtigkeitsmesser) ausgeführt. Das Pyknometer ist ein kleines Glasgefäß, wie es Abb. 31 darstellt.



Abb. 31. Pyknometer.

Die Ausführung der Bestimmung geschieht nun in der Weise, daß man von der lufttrockenen Stärke ca. 10 g in das vorher gewogene Pyknometer bringt und das Gewicht auf der chemischen Wage genau feststellt. Dann wird das Pyknometer mit destilliertem Wasser etwa bis zur Hälfte gefüllt und vorsichtig umgeschüttelt, damit die Luftblasen entweichen können, man läßt einige Zeit stehen, füllt mit Wasser nicht ganz bis zur Marke auf und stellt das Pyknometer mit Inhalt in ein auf 17,5° C. temperiertes Wasserbad. Nach einer halben Stunde hat der Pyknometerinhalt die gewünschte Temperatur angenommen, mit 17,5° C. warmes Wasser füllt man genau bis zur Marke auf, nimmt das Pyknometer darauf aus dem Wasserbad, trocknet es vollkommen ab und stellt das Gewicht genau fest. Genau in derselben Weise ermittelt man das

Gewicht des gleich großen Raumteiles Wasser. In einer zweiten Stärkeprobe bestimmt man den Wassergehalt der Stärke.

Man kann auch direkt das spezifische Gewicht einer wasserfreien Stärke in der Weise bestimmen, daß man die Stärke wie bei der Wasserbestimmung behandelt und mit dieser wie oben verfährt.

Berechnung: Die untersuchte lufttrockene Weizenstärke enthält 14,6% Wasser.

Pyknometer mit lufttrockener Stärke . . .	= 55,2454 g
Pyknometer leer	= 45,1774 „
Gewicht der lufttrockenen Stärke	= 10,0680 g.
Zu 100 g lufttrockener Stärke gehören 14,6 g Wasser zu 10,0680 g Stärke	= 1,4699 g Wasser
demnach wasserfreie Stärke	= 8,5981 g.
Pyknometer mit Wasser.	= 145,1456 g
Pyknometer leer	= 45,1774 „
Wasserwert des Pyknometer	= 99,9682 g.
Pyknometer + 10,0680 g Stärke + Wasser .	= 148,4670 g
Pyknometer + Stärke	= 55,2454 „
Zugegebenes Wasser	= 93,2216 g
Dazu Wasser in der Stärke	= 1,4699 „
Gewicht des Raumteils Wasser	= 94,6915 g.
Wasserwert des Pyknometers	= 99,9682 g
Gewicht des Wasserraumteils	= 94,6915 „
Gewicht des durch Stärke verdrängten Wassers	= 5,2767 g

$\frac{8,5981}{5,2767} = 1,6294$ = Spez. Gew. der wasserfreien Weizenstärke.

Die mikroskopische Prüfung der Stärke.

Die mikroskopische Prüfung dient einmal zur Feststellung der Stärkeart, resp. einer Mischung verschiedener Stärkearten, wozu die verschiedene Form der Stärkekörner, welche verschiedenen Pflanzen und Pflanzenteilen entstammen, und die Größenverhältnisse der Stärkekörner die Mittel zur Unterscheidung hergeben. Die letzteren ergibt die folgende von Maercker nach Angaben Wiesners zusammengestellte Tabelle.

	Kleine Körner		Große Körner	
	Grenzwert	Häufigster Wert	Grenzwert	Häufigster Wert
Gerste . . .	0,0016—0,0064	0,0046 mm	0,0108—0,0328	0,0203 mm
Weizen . . .	0,0022—0,0082	0,0022 „	0,0111—0,0410	0,0282 „
Roggen . . .	0,0022—0,0090	0,0063 „	0,0144—0,0475	0,0369 „
	Einzelne Körner		Zusammengesetzte Körner	
Kartoffeln. . . .	0,060 —0,100	0,070 mm	—	—
Hafer	0,003 —0,011	0,008 „	0,014—0,054	0,031 mm
Reis	0,003 —0,007	0,005 „	0,018—0,036	0,022 „
Mais	0,0072—0,0325	0,020 „	—	0,047 „

Im Laboratorium des Vereins der Stärkeinteressenten in Deutschland wurde gefunden als

mittlerer Durchmesser	der Küstriner Stärke B. K. M. F.	=	0,0355 mm
„ „	der Primastärke (Genthin)	=	0,0328 „
„ „	Prima-Abfallstärke (Genthin)	=	0,0210 „
„ „	Sekundastärke (Genthin)	=	0,0169 „
„ „	der bei der Gewinnung der Sekundastärke von der letzten Flute und	=	0,0125 „
„ „	der von den Außenbassins auf die Wiesen fortschwimmenden Körner	=	0,0080 „

Die Bestimmung des mittleren Durchmessers der Stärkekörner wird nach Saare wie folgt ausgeführt:

Man schüttelt 5 g Stärke mit 300 ccm Wasser auf, nimmt mit einem spitz ausgezogenen Glasrohr schnell einen Tropfen davon ab und bringt diesen auf eine Zählkammer. Die Stärke setzt sich hier aus dem Tropfen ab und nun schiebt man das Deckglas schnell und möglichst horizontal über die Zählkammer, ohne daß die Lage der Stärkekörner verändert wird.

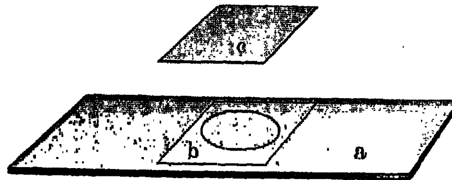


Abb. 32.

Die Zählkammer (Abb. 32) besteht aus einem Objektglas (a), auf welchem ein Fadenkreuz so eingeätzt ist, daß man unter dem Mikroskop eine Reihe gleich großer Quadrate auf ihm sieht, einem darauf festgekitteten, mit einem runden Ausschnitte versehenen Deckgläschen von 0,2 mm Dicke (b) und einer auf das Deckgläschen genau passenden Glasplatte (c).

In das Okular des Mikroskopes wird ein Maßstab eingeschaltet, für den der Mikromillimeterwert (Mm) jedes Teilstriches bekannt ist (1 Strich = 2,63 Mm), und dann werden alle Stärkekörner (etwa 50—60), welche sich z. B. in 5 Quadraten befinden, der Länge und Breite nach gemessen und daraus wird der mittlere Durchmesser berechnet. War der Durchmesser z. B. 12,48 Strich, dann ist das Stärkekorn = 32,82 Mm = 0,03282 mm im Durchmesser. Auf diese Weise werden die mittleren Durchmesser in mehreren Präparaten bestimmt, bis eine Übereinstimmung erzielt ist. Saare fand z. B. Präparat I = 31,09 Mm, II = 33,53 Mm, III = 33,82 Mm und IV = 32,82 Mm.

Es ist also bis	I	der mittlere Durchmesser	=	31,09 Mm
im Mittel bei	I + II	„ „ „	=	32,31 „
„ „ „	I + II + III	„ „ „	=	32,81 „
„ „ „	I + II + III + IV	„ „ „	=	32,81 „

Die Untersuchung der Art der Stippen in der Stärke.

Das Vorkommen zahlreicher Stippen in der Stärke ist für viele Verbrauchsarten der Stärke störend, und daher muß der Stärkefabrikant die Art und Unterkunft der Stippen kennen, um sie von seinem Fabrikat fernhalten zu können.

25 g Stärke werden nach Saare verkleistert und nach dem Erkalten auf 50° C. mit 25 ccm Malzaufguß (10:100) verzuckert. Dann wird die ganze Maische stark verdünnt, absitzen gelassen, dekantiert und der Bodensatz in einer Schale gesammelt. Mit einem spitz ausgesogenen Glasrohre saugt man nun die am Boden des Gefäßes befindlichen Stippen auf und betrachtet einen Tropfen davon unter dem Mikroskop (am besten bei ca. 300facher Vergrößerung).

Die Prüfung der Stärke auf Brauchbarkeit für Hefefabriken.

Da infizierte Stärke schädlich für die Hefe sein kann, wenn letztere mit solcher Stärke vermischt ist, so muß man die Stärke vorher auf ihre Brauchbarkeit prüfen. Die Prüfung geschieht in der Weise, daß man eine Probe mit sterilem Wasser übergießt und 2—3 Tage im Brutschrank bei 30° C. stehen läßt. Mit Buttersäurebakterien usw. infizierte Stärke wird nach kurzer Zeit einen Geruch nach Buttersäure entwickeln und ist für Hefefabriken nicht geeignet. Tritt nach 2 oder 3 Tagen ein Buttersäuregeruch nicht auf, dann kann die Stärke ohne Gefahr für die Hefe verwendet werden.

Die Untersuchung des Wassers.[1]

Ein sehr wichtiger Faktor in der Stärkefabrikation ist das Wasser. Sowohl für die Herstellung eines allen Ansprüchen genügenden Fabrikates, als auch für die Brauchbarkeit als Kesselspeisewasser ist die Beschaffenheit des Betriebswassers von der allergrößten Bedeutung. Brunnen-, Teich-, Fließ- und Seewasser können je nach ihrer Beschaffenheit geeignet oder ungeeignet sein, im letzteren Falle ist eventuell durch eine Vorbehandlung das Wasser geeignet zu machen. Besonders günstig ist die Abwesenheit von Eisen in dem Wasser, da ein eisenhaltiges Wasser leicht eine gelbliche oder graue Färbung der Stärke bewirkt und sie dadurch minderwertig macht; außerdem können technische Störungen hervorgerufen werden, indem durch Eisenausscheidungen in den Rohrleitungen, welche bei Gegenwart von einigen Pilzen, wie Chrenotrix und Cladotrix sehr leicht entstehen, letztere verstopft werden. Ein eisenhaltiges Wasser muß daher vor dem Gebrauch einer besonderen Reinigung unterzogen werden. Durch besondere Apparate (Enteisenungsapparate) unter Mitwirkung des Sauerstoffes der Luft, welcher das in dem Wasser in Form von löslichem kohlensauren Eisenoxydul enthaltene Eisen in sich unlöslich abscheidendes Eisenoxydsalz überführt, wird das Eisen aus dem Wasser entfernt. Das Betriebswasser muß ferner rein und klar sein, da unreine, getrübte Wässer sowohl die Arbeit erschweren, indem durch die in unreinen Wässern auftretenden fauligen Gärungen das Absitzen der Stärke verzögert wird,

[1]) W. Windisch, Das chem. Labor. des Brauers. 6. Aufl. Berlin, Paul Parey, 1906.

als auch auf die Qualität der Stärke ungünstig einwirken, indem solche Wässer die Stärke in der Farbe verschlechtern, sie mit Stippen anreichern und auch mit unerwünschtem Geruch behaften.

Für die Brauchbarkeit als Kesselspeisewasser ist die Härte des Wassers von Einfluß. Letzteres wird bedingt durch einen Gehalt an Gips (schwefelsaurer Kalk), kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia. Ein hartes Wasser enthält viel von den eben genannten Salzen, scheidet solche beim Kochen aus und bildet den sogenannten Kesselstein, der die Dampfausnutzung verringert und die Kesselwand schädigt. Ein solches Wasser muß durch Behandlung mit Soda von den Kesselsteinbildnern befreit werden. Ferner sind Chlorverbindungen, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und freie Säuren im Kesselspeisewasser unerwünscht, da sie schädlich auf das Kesselmaterial einwirken.

Die Probenahme des Wassers zur Untersuchung.

1. Soll Brunnenwasser untersucht werden, so ist zunächst eine größere Menge des Wassers, wenigstens das im Rohre befindliche Wasser, auszupumpen, ehe die Probe genommen wird. Die gleiche Vorsichtsmaßregel beobachtet man bei Entnahme von Leitungswasser. Neue Brunnen sollen erst eine Woche lang in Benutzung genommen werden, ehe man ihnen Wasser zur Untersuchung entnimmt, damit die erdigen und anderen Verunreinigungen, die in einem solchen Wasser regelmäßig vorkommen, nicht zu einer falschen Beurteilung des Wassers Anlaß geben.

2. Quell-, Bach- und Teichwasser entnimmt man aus der Mitte der Wasserschicht, wobei man vermeidet, den Bodensatz aufzurühren.

3. Als Gefäße zur Aufbewahrung des zu untersuchenden Wassers eignen sich am zweckmäßigsten helle Glasflaschen, die vor der Ingebrauchnahme mit Sodawasser auszukochen und bei der Probeentnahme einige Male mit dem zu untersuchenden Wasser auszuspülen sind. Als Verschluß eignen sich am besten eingeschliffene Glasstöpsel oder paraffinierte gut schließende Korke.

Für die Beurteilung des Wassers sind außerdem folgende Punkte noch von Wichtigkeit: Lage, Beschaffenheit, Umgebung und Tiefe der Quelle oder des Brunnens, geologische Beschaffenheit der Erdschicht. Art des Brunnens (Kesselbrunnen, Abessynier usw.), Art der Leitung (Holz, Eisen, Blei, ob geteert, galvanisiert usw.).

Die Vorprüfung des Wassers.

Farbe und Klarheit. Das Wasser kann ungefärbt oder gefärbt sein. Gelbe Farbe des klaren Wassers deutet auf organische Substanz, speziell humussaure Alkalien. Fein verteilte Ton- und Eisenverbindungen trüben ein Wasser und färben dasselbe gelblich. Am besten beobachtet man die Farbe und Klarheit des Wassers, indem man dasselbe in einen nicht zu weiten hohen Zylinder gibt, diesen auf eine weiße Unterlage stellt und von oben hindurchsieht.

Geruch. Der Geruch eines Wassers tritt nach 10 Minuten langem Erwärmen in einem geschlossenen Gefäße auf etwa 25° C. am stärksten hervor. Ein

übelriechendes Wasser ist von vornherein höchst bedenklich. Der üble Geruch kann von Schwefelwasserstoff und anderen Verwesungsprodukten herrühren. Riecht ein Wasser nach Schwefelwasserstoff und will man ermitteln, ob dasselbe neben diesem einen fauligen Geruch besitzt, so setzt man etwas Kupfervitriollösung hinzu und schüttet um, wodurch der Geruch nach Schwefelwasserstoff beseitigt wird.

Geschmack. Den Geschmack des Wassers ermittelt man nach dem Erwärmen auf 15—20° C. Ein nicht normal, d. h. angenehm schmeckendes Wasser kann aufweisen

a) einen fauligen, modrigen Geschmack: Verwesungsprodukte,
b) einen salzigen Geschmack: Kochsalz (bezw. andere Alkalisalze),
c) einen süßlichen Geschmack: viel Gips.
d) einen bitteren Geschmack: Magnesia (Bittersalz).
e) einen tintenartigen Geschmack: Eisenverbindungen.

Bodensatz. Beim Stehen eines Wassers in lose verschlossener Flasche bildet sich häufig ein Bodensatz, der entweder weißlich oder gelblich gefärbt ist. Derselbe besteht aus Kalkverbindungen, Sand, Ton und Eisenoxyd. Der Gehalt des Bodensatzes an Organismen (Infusorien, Amöben, Algen, Pilzsporen und Pilzmycelen, Stäbchen und Kugelbakterien) wird mit Hilfe des Mikroskopes ermittelt. Der Bodensatz ist von der weiteren qualitativen und quantitativen Untersuchung vom Wasser durch vorsichtiges Abgießen oder Filtrieren desselben zu trennen.

Verhalten des Wassers beim Aufkochen. Viele Wässer scheiden beim Erwärmen einen weißen oder gelblichweißen Niederschlag ab, der sich beim Erkalten rasch zu Boden setzt. Diese Wässer sind reich an sauren kohlensauren Erden (kohlensaurem Kalk, kohlensaurer Magnesia).

Verhalten des Wassers beim Stehen an der Luft. Trübt sich ein Wasser nach kurzer Zeit beim Stehen im offenen Wasserglase opalisierend, dann enthält es Eisenoxydulverbindungen (saures kohlensaures Eisenoxydul). Nach längerem Stehen setzt ein solches Wasser einen rotbraunen Niederschlag ab (Eisenoxyd). Solches Wasser ist nur nach vorhergehender Enteisenung für die Stärkefabrikation verwendbar.

Verhalten gegen Lackmuspapier. Die meisten Wässer verhalten sich gegen Lackmuspapier neutral. Eine alkalische Reaktion (schwache Blaufärbung rührt zumeist von dem Gehalte an kohlensauren Alkalien (Soda) oder vorwiegend kohlensauren Erden her und ist im letzteren Falle unbedenklich. Eine saure Reaktion (Rotfärbung des Lakmuspapieres) rührt von der Gegenwart freier Säure im Wasser her und macht dieses höchst verdächtig (Fabrikabwässer).

Die qualitative Prüfung des Wassers.

Untersuchung des Bodensatzes.

Man schüttelt das Wasser gut durch und gießt etwa 1/4 l in einen am Ausflußende verschlossenen Trichter. Der Bodensatz sammelt sich im Trichterrohr,

das im Trichter darüberstehende Wasser wird abgehebert und das im Trichterrohr befindliche Wasser nebst Bodensatz in einem Reagenzglas gesammelt. Das Wasser darf nicht zu lange in dem Trichter stehen, da es sonst zu viel Bakterien entwickelt. Der Trichter wird während des Absetzens mit einer Glasplatte bedeckt.

Man prüft 3 Tropfen des aufgeschüttelten Bodensatzes: einen versetzt man mit einem Tropfen verdünnter Salzsäure, den zweiten mit einem Tropfen verdünnter Kalilauge, den dritten prüft man direkt. Die Salzsäure löst die mineralischen Bestandteile des Bodensatzes, außer Quarzkörnchen, die Kalilauge löst die vegetabilische Substanz, beide Lösungsmittel lassen jedoch die Organismen unverändert.

Um tote vegetabilische oder andere protoplasmatische Substanzen zu erkennen, mischt man einen Tropfen des Bodensatzes vor der Prüfung mit einem Tropfen wässeriger Eosinlösung; diese färbt die tote Substanz rötlich, die anderen Substanzen läßt es unverändert.

Nachweis des Ammoniaks.

Man versetzt 100 ccm Wasser in einem reinen kleinen Zylinder mit 2 ccm Natron-Sodalösung (4 g Natronhydrat und 143 g kristallisierte Soda in 100 ccm Wasser gelöst und filtriert) und schüttelt tüchtig durch. Ein etwa auftretender Niederschlag (Kalk-, Magnesium-, Eisenkarbonat) wird abfiltriert und das klare Filtrat mit 2 ccm Neßlerschem Reagens (siehe unten) versetzt. Man beobachtet nun nach dem Umschütteln die Farbe der Flüssigkeitsschicht, indem man den Zylinder auf ein weißes Stück Papier stellt und von oben hindurchsieht. Ist die Farbe gelbrot bis rot, das Wasser lehmig-trübe, oder entsteht gar ein roter Niederschlag, so darf man mit Bestimmtheit auf die Anwesenheit von Ammoniak schließen.

Genau denselben Versuch macht man zum Vergleich mit ammoniakfreiem, destilliertem Wasser.

Nachweis der salpetrigen Säure.

1. Mit salzsaurem Metaphenylendiamin. Man löst eine Messerspitze voll dieses Salzes in heißem, ausgekochtem destilliertem Wasser und fügt diese Lösung zu 100 ccm in einem kleinen Zylinder befindlichen mit einem Tropfen Salzsäure angesäuertem Wasser. Bei Anwesenheit der geringsten Spuren salpetriger Säure tritt eine schwache Gelbfärbung ein, die an Intensität je nach der vorhandenen Menge salpetriger Säure bei einigem Stehen zunimmt. Die Beobachtung der Färbung geschieht am zweckmäßigsten wie beim Nachweis des Ammoniaks.

2. Mittels Jodkaliumstärkelösung. Man bereitet im Reagensglase eine kleine Menge guter, dünner Stärkelösung, kühlt sie ab, setzt ein Körnchen Jodkalium zu und schüttelt die Mischung durch. Die Lösung soll auf einen Teil Jodkalium 10 Teile Stärke enthalten. - Die so erhaltene Jodkaliumstärkelösung gibt man in einem Zylinder in das zu untersuchende Wasser und säuert mit einem Tröpfchen reiner chlorfreier Salzsäuer ganz schwach an. Eine sofort

oder nach ganz kurzer Zeit auftretende Blaufärbung zeigt die Anwesenheit von salpetriger Säure an. Enthält das Wasser Eisenoxyd, so ist ein Ansäuern mit Salzsäure, ebenso mit Schwefelsäure oder Essigsäure untunlich, da auf Zusatz dieser Säuren in diesem Falle ohnedies schon nach einiger Zeit Bläuung eintritt. Hier empfiehlt sich ein Ansäuern mit 10prozent. Oxalsäure vor dem Zusatz der Jodkaliumstärkelösung. Bei Verwendung von Oxalsäure tritt die Reaktion nur bei Gegenwart von salpetriger Säure ungestört durch die Eisenoxydverbindungen ein. Schwefelsäure ist überhaupt zum Ansäuern nicht zu empfehlen.

Zu erwähnen ist noch, daß die Temperatur auf den Empfindlichkeitsgrad der Jodstärkereaktion von großem Einfluß ist. Bei Mengen von 1 mg salpetriger Säure im Liter (1:1000000) bleibt die Reaktion in Wasser von 20° C., wie es im Sommer oft vorkommt, aus, während sie in Wasser von 9° C. oder beim nachherigen Abkühlen auf 9—10° C. gleich bezw. allmählich auftritt. Man soll daher das Wasser vor der Prüfung auf salpetrige Säure mittelst Jodkaliumstärkelösung stets auf etwa 10° C. abkühlen.

Der chemische Vorgang bei dieser Reaktion ist folgender: die Salzsäure macht die salpetrige Säure frei, diese macht ihrerseits aus Jodkalium Jod frei, welches Stärkekleister blau färbt.

Manchmal genügt der Zusatz von einem Tropfen Salzsäure nicht zur Hervorbringung der Reaktion, besonders bei Wässern mit einem hohen Gehalt an kohlensauren Salzen, da in diesem Falle die Salzsäure zunächst die kohlensauren Salze und nicht die salpetrigsauren Verbindungen zerlegt; in diesem Falle ist es nötig, einen weiteren Säurezusatz zu machen, da nur die freie salpetrige Säure die beschriebene Reaktion mit Jodkaliumstärkekleister eingeht. Das Wasser muß auf alle Fälle ganz schwach sauer reagieren, wovon man sich durch Eintauchen von Lackmuspapier überzeugt.

Nachweis der Salpetersäure.

Der Nachweis der Salpetersäure ist bei gleichzeitiger Anwesenheit der salpetrigen Säure nach den hier in Frage kommenden Methoden nicht direkt zu führen, da die salpetrige Säure die gleichen Reaktionen liefert. Man hat daher die folgenden beiden Fälle zu unterscheiden.

A. Das Wasser enthält keine salpetrige Säure.

In diesem Falle wird auf Salpetersäure direkt, wie folgt, geprüft:

a) Mit Diphenylamin. Man gibt 50 ccm Wasser in eine weiße Porzellanschale, fügt einige Tropfen einer Lösung von Diphenylamin in reiner verdünnter Schwefelsäure hinzu und läßt dann am Rande der Schale etwa 30—40 ccm konzentrierte, reine Schwefelsäure zulaufen. Die Schwefelsäure geht vermöge ihrer Schwere zu Boden, das Wasser steht darüber. Enthält das Wasser Salpetersäure, dann bildet sich an der Berührungsschicht des Wassers mit der Schwefelsäure eine tiefblaue Zone. Wird beim vorsichtigen Umrühren die Flüssigkeit nur wenig blau gefärbt oder gar entfärbt, dann sind nur ganz geringe Spuren Salpetersäure vorhanden; nimmt die Flüssigkeit beim Umrühren

aber eine tief blaue Farbe an und geht diese Farbe allmählich durch violett in tiefbraun oder braungelb über, so sind beträchtliche Mengen von Salpetersäure vorhanden.

Aus Wässern, die Eisenoxyd enthalten, muß dieses zuerst durch Lüften und Filtrieren oder durch Zusatz von zwei Tropfen Ammoniak, Erwärmen zum Kochen und Filtrieren entfernt werden, da Eisenoxydsalze ebenfalls mit Diphenylamin eine Bläuung geben.

b) Durch Reduktion der Salpetersäure zu salpetriger Säure. Man gibt etwa 100—150 ccm Wasser in einen kleinen Glaszylinder, säuert mit einigen Tropfen konzentrierter Schwefelsäure an, bringt einige Stückchen chemisch reines Zink in die saure Flüssigkeit und fügt Jodkaliumstärkekleister hinzu. Ist Salpeter im Wasser vorhanden, so färbt sich der Zylinderinhalt in ganz kurzer Zeit blau.

Der chemische Vorgang bei dieser Reaktion ist folgender: Aus Zink und verdünnter Schwefelsäure entwickelt sich Wasserstoff, welcher im Entstehungszustande die Salpetersäure zu salpetriger Säure reduziert; diese reagiert mit Jodkaliumstärkekleister in oben beschriebener Weise.

Zum Gelingen dieser Reaktion ist es erforderlich, daß zur Wasserstoffentwicklung nur ganz geringe Mengen (3—5 Tropfen) Schwefelsäure auf die bezeichnete Menge Wasser genommen werden, damit die Wasserstoffentwicklung nur eine ganz schwache, kaum zu bemerkende sei. Entwickelt man größere Mengen Wasserstoff, vielleicht soviel, daß der Zylinderinhalt von den aufsteigenden Gasbläschen weiß gefärbt erscheint, so bleibt die Reaktion in den meisten Fällen ganz aus.

Ganz neues Zink entwickelt wegen seiner glatten Oberfläche mit sehr kleinen Mengen Schwefelsäure nur schwer und erst nach einiger Zeit Wasserstoff. Man ätzt daher zweckmäßig das Zink vor dem Gebrauch mit etwas stärkerer verdünnter Schwefelsäure an, indem man es kurze Zeit mit der Säure bis zur kräftigen Wasserstoffentwicklung in Berührung läßt, dann die Säure abgießt und das Zink mit Wasser abspült.

Anstatt die Salpetersäure durch Wasserstoff in salpetrige Säure überzuführen, kann man sie auch in ihr äußerstes Reproduktionsprodukt, das Ammoniak, verwandeln und dieses in bekannter Weise mit Neßlerschem Reagens nachweisen. Vorbedingung ist in diesem Falle, daß das zu untersuchende Wasser keine salpetrige Säure und kein Ammoniak enthält. Man gibt 150 ccm Wasser mit einigen Zinkstückchen in einen Zylinder und säuert mit Schwefelsäure stark an, so daß eine kräftige Wasserstoffentwicklung stattfindet. Nach etwa 10 Minuten langer Einwirkung entnimmt man dem Zylinder eine Probe, versetzt sie mit einem Überschusse von kohlensaurem Natron, filtriert die Flüssigkeit von dem entstandenen Niederschlage ab und versetzt das Filtrat mit Neßlerschem Reagens. Das Eintreten der Ammoniakreaktion zeigt die Anwesenheit von Salpetersäure im Wasser.

B. Das Wasser enthält salpetrige Säure.

Da die salpetrige Säure sowohl mit Diphenylamin in derselben Weise

reagiert wie die Salpetersäure, als auch mit Jodkaliumstärkekleister eine Blaufärbung gibt, so muß sie vor der Prüfung auf Salpetersäure aus dem Wasser entfernt werden. Dies geschieht durch Kochen des Wassers mit etwas Salzsäure. Man versetzt im Becherglas 200 ccm Wasser mit 2—3 Tropfen Salzsäure und bringt die Flüssigkeit zum Kochen. Nach fünf Minuten langem Kochen entnimmt man einen Kubikzentimeter des kochenden Wassers, kühlt ab und fügt etwas Jodkaliumstärkelösung hinzu. Tritt eine Blaufärbung ein, d. h. ist noch salpetrige Säure vorhanden, dann setzt man das Kochen noch fort und prüft nach einigen Minuten abermals auf salpetrige Säure. Ist diese nicht mehr nachzuweisen, so kühlt man die Kochflüssigkeit ab, füllt mit destilliertem Wasser wieder auf 200 ccm auf und prüft nach der unter A. beschriebenen Methode auf Salpetersäure.

Nachweis des Chlors.

Man säuert im Reagensglase einige Kubikzentimeter Wasser mit einem Tropfen reiner (chlorfreier) Salpetersäure an und fügt einige Tropfen einer Lösung von salpetersaurem Silber (Höllenstein) hinzu. Eine bläulichweiße Trübung des Wassers bezw. ein käsiger Niederschlag zeigt geringe, bezw. größere Mengen von Chlor im Wasser an. Der Niederschlag ist Chlorsilber; er ist löslich in Ammoniak, unlöslich in Salpetersäure. Die Salpetersäure ist stets vor Benutzung auf Reinheit, insbesondere auf Abwesenheit von Chlor mittelst Silberlösung zu prüfen. Der Salpetersäurezusatz ist wesentlich, um die kohlensauren Salze, die fast stets im Wasser enthalten sind und mit der Silberlösung ähnlich reagieren wie das Chlor, auszuschalten. (Die Silberlösung ist an einem dunklen Orte aufzubewahren, am besten in einer rauchbraunen oder mit schwarzem Papier beklebten Flasche.)

Nachweis der Schwefelsäure.

Man säuert ein halbes Reagensglas voll Wasser mit zwei Tropfen Salzsäure an und fügt einige Tropfen Chlorbaryumlösung hinzu. Eine sofort oder bald entstehende weiße Trübung oder ein weißer Niederschlag verraten die Anwesenheit der Schwefelsäure im Wasser. Der Niederschlag ist schwefelsaurer Baryt (Schwerspat); er ist unlöslich in allen gewöhnlichen Lösungsmitteln.

Nachweis des Kalkes.

Ein halbes Reagensglas voll Wasser wird mit Salzsäure schwach angesäuert, dann mit Ammoniak wieder alkalisch gemacht und zum Schluß mit 5 Tropfen einer Lösung von oxalsaurem Ammoniak versetzt. Eine weiße Trübung bezw. ein weißer Niederschlag zeigt die Anwesenheit von Kalk im Wasser an. Der Niederschlag ist oxalsaurer Kalk, er ist unlöslich in Ammoniak und in Essigsäure, löslich in Salzsäure. Bei Anwesenheit von nur Spuren Kalk tritt die Trübung nicht sofort, sondern erst nach einigen Minuten in die Erscheinung.

Nachweis der Magnesia.

Die Magnesiaverbindungen im Wasser werden durch ammoniakalisches phosphorsaures Natron als weißer Niederschlag ausgefällt; da jedoch auch die Kalksalze mit phosphorsaurem Natron einen weißen Niederschlag liefern, der dieselben Eigenschaften gegen Lösungsmittel usw. aufweist wie der Magnesiumniederschlag, so muß vor der Prüfung auf Magnesia der Kalk aus dem Wasser entfernt werden. Die Entfernung des Kalkes geschieht durch oxalsaures Ammoniak, das wohl die Kalkverbindungen, nicht aber die Magnesia unlöslich ausfällt. Der abgeschiedene oxalsaure Kalk wird durch Filtration getrennt, im klaren Filtrat wird alsdann auf Magnesia geprüft. Man verfährt folgendermaßen:

Ein halbes Reagensglas voll Wasser wird mit einigen Tropfen Salzsäure versetzt, zum Kochen erwärmt, mit einigen Tropfen Ammoniak wieder alkalisch gemacht und mit einer gleichfalls zum Kochen erwärmten Lösung von oxalsaurem Ammoniak versetzt; das Gemisch wird noch ein bis zwei Minuten weiter gekocht und dann filtriert. Meist erhält man bei dieser Arbeitsweise sofort ein ganz blankes Filtrat, das unerläßlich ist; andernfalls muß das Filtrat auf das Filter solange zurückgegossen werden, bis es ganz klar ist. Würde man den Kalk in der Kälte ausfällen, so würde man überhaupt ein klares Filtrat erzielen, da der oxalsaure Kalk in der Kälte sich in zu feiner Form ausscheidet und durch die feinsten Filterporen hindurchgeht. Das blanke Filtrat versetzt man mit etwas Ammoniak und phosphorsaurem Natron. Bei Anwesenheit von Magnesia entsteht entweder sofort oder nach einiger Zeit ein Niederschlag; er bildet sich besonders rasch und setzt sich schnell ab beim leisen Reiben der Innenwände des Reagensglases mit einem Glasstabe. Der Niederschlag ist phosphorsaure Ammoniak-Magnesia; er ist unlöslich in Alkalien, löslich in Säuren.

Nachweis des Eisens.

Die Menge des Eisens in dem Wasser ist meist sehr gering; enthält das Wasser beträchtlichere Mengen von Eisensalzen, so trübt sich das Wasser beim Stehen an der Luft lehmig gelb und setzt zum Schluß einen rostbraunen Bodensatz von Eisenoxydhydrat ab. In diesem Falle ist der chemische Nachweis des Eisens überflüssig. Beim Vorhandensein kleiner Mengen Eisen dampft man etwa $^1/_2$ l des mit Salzsäure angesäuerten Wassers in einer Schale auf etwa 20 ccm ein und prüft dann auf Eisen.

a) Mit Rhodankalium. Man säuert das Wasser im Reagensglase mit Salzsäure schwach an und versetzt es mit einigen Tropfen Rhodankaliumlösung; enthält das Wasser Eisen, so entsteht eine blutrote Färbung von Rhodaneisen. Alkalien und kohlensaure Alkalien, sowie Erdalkalien und kohlensaure Erdalkalien zerstören die rote Farbe wieder.

b) Mit gelbem Blutlaugensalze (Ferrozyankalium). Man säuert das Wasser in gleicher Weise wie bei a) an und versetzt es mit einigen Tropfen Blutlaugensalzlösung; bei Gegenwart von Eisen entsteht je nach der Menge des-

selben ein dunkelblauer Niederschlag oder eine charakteristisch blaue bis blaugrüne Färbung. Der blaue Körper ist „Berlinerblau"; er ist beständig gegen Säuren, unbeständig gegen Alkalien und kohlensaure Alkalien, sowie gegen Erdalkalien und kohlensaure Erdalkalien.

Prüft man bei Vorhandensein größerer Mengen Eisen das Wasser direkt, so darf man niemals vergessen, das Wasser mit Salzsäure schwach anzusäuern, damit auf alle Fälle die eventuell vorhandenen kohlensauren Alkalien (Soda) und kohlensauren Erdalkalien (kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia) zerstört und in Chlorid übergeführt werden, da bei Gegenwart dieser kohlensauren Salze die Eisenreaktionen nicht eintreten.

Soll noch die Frage entschieden werden, in welcher Oxydationsstufe das Eisen im Wasser vorhanden ist, d. h. ob als Oxydul oder Oxyd, oder in beiden Stufen zugleich, so merke man noch folgendes: ist das eisenhaltige Wasser ganz klar und farblos, so ist das ganze Eisen als saures kohlensaures Eisenoxydul vorhanden. Ein solches Wasser wird mit ammoniakalischer Silberlösung eine tiefdunkle Färbung geben, hervorgerufen durch ausgeschiedenes metallisches Silber. Voraussetzung bei dieser Probe ist, daß das Wasser keinen Schwefelwasserstoff enthält. Wasser mit saurem kohlensaurem Eisenoxydul wird sich bald durch Ausscheidung von Eisenoxydhydrat trüben. Unverändertes Eisenoxydulsalz läßt sich neben dem Eisenoxyd, das in gewöhnlichen Wässern niemals in gelöster, sondern in suspendierter Form vorkommt, durch sein abweichendes Verhalten gegen die Eisenoxydreagentien nachweisen. Eisenoxydsalze färben sich in saurer Lösung mit gelbem Blutlaugensalz blau, mit Rhodankalium rot, die Eisenoxydulsalze färben sich mit gelbem Blutlaugensalze weißlichblau, mit Rhodankalium gar nicht.

Die Eisenoxydulverbindungen lassen sich jedoch durch Kochen mit etwas Salpetersäure oder mit einem Körnchen chlorsaurem Kali und einigen Tropfen Salzsäure in Oxydverbindungen überführen, die mit Blutlaugensalz und Rhodankalium die erwähnten Reaktionen geben.

Die Prüfung auf Eisen gestaltet sich nun folgendermaßen, wobei zu bemerken ist, daß bei den Versuchen γ und δ gleiche Wassermengen verglichen werden müssen.

	Reagens	Reaktion	Oxydationsstufe des Eisens
α)	Blutlaugensalz	bläulich-weiß	nur Oxydul
	Rhodankalium	keine	
β)	Blutlaugensalz	bläulich-weiß	hauptsächlich Oxydul
	Rhodankalium	Spur rot	Spuren Oxyd
γ)	Blutlaugensalz	blau	Oxyd, oder
	Rhodankalium	rot	Oxyd und Oxydul gleichzeitig.

Nach dem Erwärmen mit Salpetersäure resp. mit chlorsaurem Kali und Salzsäure und Abkühlen:

	Reagens	Reaktion	Oxydationsstufe des Eisens
δ)	Blutlaugensalz	blau	Reaktion ebenso stark wie bei γ: nur Eisenoxyd; Reaktion stärker wie bei γ: Oxyd und Oxydul gleichzeitig.
	Rhodankalium	rot	

Nachweis der organischen Substanz.

a) Mittelst Chamäleonlösung. Man kocht etwa 100 ccm Wasser fünf Minuten lang mit 5 ccm 20prozent. Schwefelsäure. Dann fügt man tropfenweise eine Lösung von $\frac{N}{100}$-Chamäleon (übermangansaurem Kali, Kaliumpermanganat) hinzu und beobachtet, ob die violett-rote Farbe des Chamäleons verschwindet oder in braun-rot übergeht. Je mehr Chamäleonlösung entfärbt wird, um so größere Mengen organischer Substanz sind im Wasser vorhanden.

b) Durch Glühen des Rückstandes. Man dampft an einem staubfreien Ort in einer Abdampfschale etwa 500 ccm Wasser zur Trockne. Den Rückstand erhitzt man bis zum gelinden Glühen; eine schwache Bräunung deutet auf geringe Mengen, eine Schwarzfärbung auf größere Mengen organischer Substanz hin, die in der Hitze verkohlt. Tritt dabei ein Geruch nach verbrannten Haaren oder verbranntem Horn auf, dann beweist dies, daß die verbrannten Substanzen stickstoffhaltig sind und aus Verwesungsprozessen herrühren.

Bemerkt sei noch, daß bei Gegenwart erheblicher Mengen von salpetersauren oder salpetrigsauren Salzen im Wasser sowohl die Bräunung als auch der charakteristische Geruch der verbrennenden organischen Substanz ausbleiben können, da letztere von den Stickstoffsäuren oxydiert wird, die ihrerseits dabei in Gestalt roter riechender Dämpfe entweichen.

Nachweis der Phosphorsäure.

Man dampft 100 ccm Wasser in einer Schale zur Trockne, befeuchtet den Rückstand mit Salpetersäure, dampft abermals zur vollständigen Trockne, erhitzt den Trockenrückstand eine Stunde lang auf 150° C., gießt ein halbes Reagensglas voll verdünnter (1 : 5) Salpetersäure hinzu, erwärmt kurz, filtriert, setzt zu einem Kubikzentimeter des Filtrats die gleiche Menge einer Lösung von molybdänsaurem Ammoniak hinzu und erwärmt vorsichtig im Wasserbad; es entsteht bei Gegenwart von Phosphorsäure ein gelber Niederschlag. Eine gelbe Färbung läßt keinen Schluß auf Phosphorsäure zu. Die Anwesenheit von Phosphorsäure ist nicht erwünscht, sie deutet unter Umständen auf organische Verunreinigungen.

Die quantitative Untersuchung des Wassers.

Bestimmung des Gesamtrückstandes.

Ein Liter des klaren oder klar filtrierten Wassers wird an einem staubfreien Ort in einer gewogenen Porzellan-, besser Platinschale, nach und nach, zunächst vorsichtig über freier Flamme (man stellt die Schale auf zwei Drahtnetze), zum Schluß auf einem Wasserbade zur Trockne gedampft. Der Rückstand wird im Trockenschrank bei 110° C. getrocknet und nach dem Erkalten im Exsikkator gewogen. Durch Multiplikation mit 100 erhält man die Gramm Rückstand im Hektoliter Wasser:

Beispiel: Gewicht der Schale mit Rückstand = 54,358 g
„ „ „ leer = 53,752 „
Rückstand in 1000 ccm Wasser = 0,606 g
Rückstand im Hektoliter Wasser = 60,6 „

Bestimmung des Glührückstandes.

Man erhitzt den Gesamtrückstand vorsichtig zum schwachen Glühen, läßt erkalten und wiegt.

Beispiel: Gewicht der Schale mit Glührückstand = 54,209 g
„ „ „ leer = 53,757 „
Glührückstand in 1000 ccm Wasser = 0,452 g
Glührückstand im Hektoliter Wasser = 45,2 „

Der Unterschied zwischen Gesamtrückstand und Glührückstand wird durch die Verbrennung der organischen Substanz und die Zersetzung der kohlensauren Salze, der Chloride, auch der schwefelsauren Salze bedingt. Die Bestimmung des Glührückstandes hat daher nur einen beiläufigen Wert.

Setzt man dem Wasser eine bestimmte Menge Soda zu und glüht man recht vorsichtig und ganz schwach, so kann diesen Fehlerquellen weitgehend vorgebeugt werden.

Bestimmung der Kieselsäure.

Man feuchtet den Glührückstand mit Salzsäure an, verdunstet auf dem Wasserbad zur Trockene und erwärmt den Rückstand auf 150° C. Dadurch wird die Kieselsäure in die unlösliche Modifikation übergeführt. Dann nimmt man den Rückstand mit verdünnter heißer Salzsäure auf, bringt den ganzen Schaleninhalt nebst der ausgeschiedenen Salzsäure quantitativ auf ein Filter, filtriert ab, wäscht den Niederschlag mit heißer verdünnter Salzsäure aus, verbrennt das Filter samt Niederschlag, glüht, läßt im Exsikkator erkalten und bringt die Kieselsäure (SiO_2) zur Wägung.

Bestimmung der organischen Substanz.

Die quantitative Bestimmung der organischen Substanz im Wasser gründet sich auf die leichte Oxydierbarkeit derselben mit Chamäleon (Kaliumpermanganat). Letzteres, dessen Lösung eine charakteristische, intensiv rote Färbung besitzt, wird dabei vollständig entfärbt. Erst wenn alle organische Substanz oxydiert ist, behält das Chamäleon seine rote Farbe. Die Menge der im Wasser vorhandenen organischen Substanz wird, da diese kein einheitlicher Körper ist, meistens durch die Anzahl Gramm Chamäleon ausgedrückt, welche zur Oxydation der organischen Substanz im Hektoliter Wasser erforderlich sind.

Die Bestimmung der organischen Substanz geschieht folgendermaßen:

100 ccm Wasser werden im Erlenmeyer-Kolben mit 5 ccm 20prozent. Schwefelsäure 5 Minuten lang gekocht; dann fügt man bis zur bleibenden deutlichen Rotfärbung aus einer Tropfmeßröhre (Gay-Lussacsche Bürette)

$\frac{N}{100}$=Chamäleonlösung, die man vorher in der Meßröhre auf einen bestimmten Punkt eingestellt hat, und kocht weitere 5 Minuten. Hierauf fügt man mittelst eines Meßhebers (Pipette) 10 ccm $\frac{N}{100}$=Oxalsäurelösung zu und kocht einmal auf: die Flüssigkeit entfärbt sich sofort. Man nimmt nun den Kolben vom Feuer weg und fügt aus der Tropfmeßröhre unter Umschütteln tropfenweise solange Chamäleonlösung zu, bis ein Tropfen derselben den Kolbeninhalt schwach rot färbt. Die Anzahl der verbrauchten Kubikzentimeter Chamäleon vermerkt man.

Offenbar ist dieses Chamäleon zur Oxidation der organischen Substanz im Wasser und der zugefügten 10 ccm Oxalsäure verbraucht, welch' letztere als organische Säure ebenfalls der Oxydation unterliegt. Es ist daher zunächst zu ermitteln, wieviel Kubikzentimeter Chamäleon die 10 ccm Oxalsäure zur Oxydation verbrauchten. Man wiederholt zu diesem Zweck denselben Versuch noch einmal, nur mit dem Unterschiede, daß man statt Betriebswasser reines destilliertes Wasser nimmt. Die hierbei ermittelte Anzahl Kubikzentimeter Chamäleon entfallen lediglich auf die Oxalsäure; man nennt sie den Titer der Chamäleonlösung. Es ist klar, daß der Unterschied zwischen der Gesamtchamäleonmenge und dem Titer diejenige Chamäleonmenge ist, die zur Oxydation der organischen Substanz des Wassers erforderlich war.

Die Menge Chamäleon, die zur Oxydation der organischen Substanz in einen Hektoliter Wasser erforderlich ist, wird nach folgender Formel ermittelt

$$\frac{3{,}16 \times \text{Unterschied}}{\text{Titer}}$$

Die Zahl 3,16 bleibt immer unverändert; der Unterschied und der Titer werden durch Zahlen dargestellt, die durch den Versuch zu ermitteln sind.

Beispiel: Es seien im ganzen verbraucht worden 12,4 ccm Chamäleon; die Oxalsäure habe allein verbraucht 10,7 ccm (Titer), so sind zur Oxydation der organischen Substanz des Wassers nötig gewesen 12,4 — 10,7 = 1,7 ccm Chamäleon (Unterschied). Es sind demnach erforderlich zur Oxydation der organischen Substanz im Hektoliter Wasser:

$$\frac{3{,}16 \times 1{,}7}{10{,}7} = 0{,}502 \text{ g Chamäleon.}$$

Da die Chamäleonlösung sich im Laufe der Zeit fortgesetzt, wenn auch nur wenig, verändert, so ist der Titer bei jedesmaliger Versuchsanstellung aufs neue festzustellen.

Bestimmung des Ammoniaks.
(Freies und als Salz gebundenes, sowie Albuminoid-Ammoniak.)

1. Durch Neßlersches Reagens. 500 ccm Wasser werden in einem geräumigen Kochkolben mit 10 ccm reiner gesättigter Sodalösung versetzt und in einem weißen kleinen Zylinder destilliert, der bei 50 ccm eine Marke trägt. Sind genau 50 ccm überdestilliert, wird der Zylinder gewechselt; in derselben Weise sammelt man noch ein zweites, bezw. drittes Destillat.

Dem ersten 50 ccm-Destillate fügt man 1 ccm Neßlersches Reagens zu. Die nach 3 Minuten entstehende Färbung vergleicht man mit der einer Salmiaklösung von bestimmtem Ammoniakgehalt (0,01 mg NH_3 im Kubikzentimeter, deren Bereitung siehe im Anhang) nach Zusatz von Neßlerschem Reagens. Man verdünnt von der Salmiaklösung 1, 2, 3 usw. Kubikzentimeter mit destilliertem Wasser auf 50 ccm, fügt im Zylinder 1 ccm Neßlersches Reagens hinzu und sieht zu, welche Färbung der des zu untersuchenden Wassers entspricht.

Die zweiten, dritten usw. 50 ccm-Destillate prüft man ganz ebenso, bis Neßlersches Reagens keine Färbung mehr hervorruft.

Ist dies der Fall, so wird die Flamme entfernt und die Kochflasche geöffnet; dann läßt man 50 ccm alkalische Chamäleonlösung (siehe unten) mittelst Pipette zu, verschließt die Flasche wieder und erhitzt von neuem zum Kochen. Die Ammoniakdestillation und -Bestimmung geschieht in derselben Weise wie vorher.

Vor der Vergleichung der Färbungen, nicht nur der Destillate, sondern auch der Salmiaklösung, muß die Flüssigkeit immer erst 3—4 Minuten mit dem Neßlerschen Reagens stehen. Stimmt die Farbe eines Destillates mit der Vergleichsfarbe nicht überein, so muß man, je nachdem, eine verdünntere oder konzentriertere Salmiaklösung herstellen. Auf keinen Fall darf man aber so verfahren, daß man der bereits mit Neßlerschem Reagens versetzten Salmiaklösung noch weiter Salmiaklösung zusetzt.

Ferner ist zu bemerken, daß, soll der Versuch richtige Ergebnisse haben, beide Flüssigkeiten, also das zu untersuchende Wasser und die Mischung von Chlorammonium mit destilliertem Wasser gleiche (mittlere) Temperatur, also etwa Zimmertemperatur haben müssen, was man durch kurzes Einstellen der Zylinder in 14grädiges Wasser erreichen kann. Endlich gelingt die kolorimetrische Bestimmung des Ammoniaks nach dem angegebenen Verfahren nur dann, wenn die in 100 ccm Flüssigkeit enthaltene Ammoniakmenge zwischen 0,005 und 0,1 mg liegt.

Beispiel. Es wurden 500 ccm Wasser in Untersuchung genommen:

I. Freies und als Salz gebundenes Ammoniak	1. Destillat entsprach 3 ccm Salmiaklösung, 2. „ „ 1 „ „ 3. „ enthielt kein Ammoniak mehr.
II. Albuminoid-Ammoniak	1. Destillat entsprach 7 ccm Salmiaklösung, 2. „ „ 2 „ „ 3. „ „ 1 „ „ 4. „ enthielt kein Ammoniak mehr.

Berechnung. Die gesamte Menge des freien, resp. Salzammoniaks entsprach 4 ccm Salmiaklösung. Jeder Kubikzentimeter enthält 0,01 mg Ammoniak; demnach haben wir in 500 ccm Wasser $4 \times 0{,}01 = 0{,}04$ mg, im Liter demnach 0,08 mg, im Hektoliter also 8 mg oder 0,008 g freies resp. Salzammoniak.

Das Albuminoid-Ammoniak berechnet sich in ähnlicher Weise. Im vorliegenden Falle entspricht die Ammoniakmenge 10 ccm Salmiaklösung. 500 ccm Wasser enthalten daher 0,1 mg Albuminoid-Ammoniak, ein Liter also 0,2 mg, das Hektoliter 20 mg = 0,02 g Albuminoid-Ammoniak.

Selbstverständlich müssen bei diesen Prüfungen die Gefäße und Reagentien ganz frei von Ammoniak sein. Das destillierte Wasser, die Sodalösung, die alkalische Chamäleonlösung, sollten alle durch Destillation kleiner Mengen derselben auf Ammoniak mit Neßlerschem Reagens geprüft werden. Stellen sich die feinsten Färbungen ein, so müssen die Reagentien solange gereinigt werden, bis sie ganz ammoniakfrei sind. Die Apparate müssen mit reinem, ammoniakfreiem Wasser ausgekocht werden. Am besten kocht man sie auch noch mit alkalischer Chamäleonlösung bis zur vollständigen Reinheit. Der Wasserdampf soll auch mit den Kautschukteilen des Destillierapparates nicht in Berührung kommen; wenn die Apparate nicht gebraucht werden, müssen sie vor Staub geschützt werden, der stets mehr oder weniger ammoniakhaltig ist.

2. Durch Titration mit $\frac{N}{20}$-Schwefelsäure. Man destilliert von einem Liter Wasser (oder von mehreren Litern, die vorher zu einem Liter unter schwacher Ansäuerung mit Schwefelsäure auf einen Liter eingedampft wurden) unter Zusatz von Kalkmilch 400 ccm in vorgelegte 5 ccm $\frac{N}{20}$-Schwefelsäure ab. Das Destillat versetzt man mit Lackmuslösung und titriert mittelst $\frac{N}{20}$-Natronlauge (siehe unten), aus einer in $\frac{1}{100}$ ccm geteilten Bürette, bis die Farbe aus rot in bläulich umschlägt. Die verbrauchten Kubikzentimeter $\frac{N}{20}$-Natronlauge zieht man von den 5 vorgelegten Kubikzentimetern $\frac{N}{20}$-Schwefelsäure ab und multipliziert, da jeder Kubikzentimeter der $\frac{N}{20}$-Schwefelsäure 0,00085 g Ammoniak entspricht, die Differenz mit 0,00085.

Nach dem Abdestillieren der ersten 400 ccm fügt man in den Destillationskolben 50 ccm alkalische Chamäleonlösung, destilliert weitere 400 ccm in 5 ccm $\frac{N}{20}$-Schwefelsäure ab und titriert in derselben Weise das Destillat mit $\frac{N}{20}$-Natronlauge.

Beispiel: Die ersten 400 ccm Destillat verbrauchten 4,76 ccm $\frac{N}{20}$-Natronlauge, es hatte sonach das Destillat 5 — 4,76 = 0,24 ccm Schwefelsäure gebunden. Es enthielt sonach das Liter des der Destillation unterworfenen Wassers 0,24 . 0,00085 = 0,000204 g, das Hektoliter also 0,0204 g Ammoniak.

Die zweiten 400 ccm Destillat verbrauchten 4,47 ccm $\frac{N}{20}$-Natronlauge. Es waren also im Liter (5 — 4,47) 0,00085 = 0,53 . 0,00085 = 0,0004505 g, im Hektoliter Wasser sonach 0,04505 g Albuminoid-Ammoniak.

Bestimmung der salpetrigen Säure.

Man bereitet eine Lösung von salzsaurem Metaphenylendiamin durch Auflösen von 0,5 g dieses Salzes in 100 ccm ausgekochtem Wasser, entfärbt, wenn nötig, mit Tierkohle und säuert mit Schwefelsäure an. Dann bringt man 100 ccm Wasser in einen kleinen Zylinder, fügt 1 ccm verdünnte Schwefelsäure (ein Teil Säure und zwei Teile Wasser) und gleich darauf 1 ccm der Metaphenylendiaminlösung hinzu.

Die entstandene Färbung vergleicht man mit der einer Lösung mit bestimmtem Gehalte an salpetriger Säure (Lösung vom salpetrigsauren Silber mit 0,01 mg salpetriger Säure im Kubikzentimeter; deren Bereitung siehe unten).

Man verdünnt nacheinander 1, 2, 3 usw. Kubikzentimeter dieser Flüssigkeit mit 100 ccm destilliertem Wasser und versetzt in bekannter Weise mit 1 ccm verdünnter Schwefelsäure und 1 ccm Metaphenylendiaminlösung, läßt kurze Zeit stehen und vergleicht die Färbung mit der bei dem zu untersuchenden Wasser erhaltenen.

Beispiel: 100 ccm Wasser ergaben die gleiche Färbung wie 2 ccm der Normallösung, die zu 100 ccm verdünnt worden waren. 100 ccm Wasser enthalten somit 0,02 mg salpetrige Säure (N_2O_3), im Hektoliter sind daher 0,02 g salpetrige Säure enthalten.

Bestimmung der Salpetersäure.

Zur Bestimmung der Salpetersäure verwenden wir eine Indigolösung (siehe deren Bereitung unten). Die Methode gibt gar keine absolut genauen, aber doch recht brauchbare Resultate. Es ist jedoch nötig, daß die Methode genau nach Vorschrift und unter ganz bestimmten Verhältnissen angewandt wird. Denn die Menge des Indigos, die durch Salpetersäure oxydiert wird, bleibt sich nur dann gleich, wenn die Bedingungen, unter denen beide Substanzen aufeinander wirken (Verdünnung, Temperatur, Menge der Schwefelsäure usw.) ganz dieselben sind. Aber auch, wenn die Bedingungen sonst gleich sind, werden verschiedene Mengen Indigo oxydiert, je nachdem die Indigolösung dem mit Schwefelsäure versetzten salpetersäurehaltigen Wasser allmählich, oder aber in genügender Menge auf einmal zugesetzt wird, bevor man die Schwefelsäure zumischt.

Auch die Endreaktion ist nicht sehr scharf, so daß zur Feststellung derselben einige Übung gehört.

Enthält ein Wasser organische Substanz, so würde diese unter den gegebenen Verhältnissen ebenfalls durch die Salpetersäure oxydiert, die Salpetersäurebestimmung daher falsch werden. Die organische Substanz muß daher, falls sie in beträchtlicher Menge vorhanden ist, vor der Salpetersäurebestimmung zerstört werden. Man benutzt in diesem Falle das Wasser, in welchem man die organische Substanz nach Seite 124 bestimmt hat, indem man dasselbe aus dem Erlenmeyer-Kolben, in dem die Titration vorgenommen wurde, in einen 200 ccm-Kolben bringt, den Erlenmeyer-Kolben mit destilliertem Wasser nachspült und den Meßkolben bis zur Marke auffüllt. Das ursprüngliche Wasser ist dann ums doppelte

verdünnt. Oder aber man bringt das Wasser aus dem Erlenmeyer-Kolben in ein Becherglas, neutralisiert es genau mit Alkali, dampft zur Hälfte ein und füllt nach dem Abkühlen im 100 ccm-Kölbchen bis zur Marke auf. Das Wasser hat dann sein ursprüngliches Volumen wieder.

Auch salpetrige Säure, die ebenfalls auf den Indigo einwirkt, darf das Wasser nicht enthalten. Benutzt man jedoch das Wasser, das zur Bestimmung der organischen Substanz gedient hat, so ist dieses ohne weiteres frei von salpetriger Säure. Enthält das Wasser größere Mengen von salpetriger Säure, dann ist solange zu kochen, bis diese vollständig verjagt ist. Andernfalls würde sie von dem Chamäleon zu Salpetersäure oxydiert werden, was zu Fehlern bei deren Bestimmung Veranlassung geben würde.

Zur Bestimmung der Salpetersäure im Wasser verfährt man nun folgendermaßen: Man bringt 50 ccm des Wassers in eine Porzellanschale, fügt 50 ccm konzentrierte Schwefelsäure hinzu, erhitzt zum Kochen und fügt zu der kochenden Flüssigkeit unter Umrühren Indigolösung bis zur schwach grünlichen Färbung. Verbraucht man dabei mehr als 20 ccm Indigolösung, so ist das Wasser mit einer entsprechenden Menge destillierten Wassers zu verdünnen und der Versuch zu wiederholen. Die Anzahl der verbrauchten Kubikzentimeter Indigolösung vermerkt man.

Ferner versetzt man 50 ccm einer Salpeterlösung (siehe deren Bereitung bei Reagenzien) enthaltend 1 mg Salpetersäure (N_2O_5) in einer weißen Porzellanschale mit 50 ccm konzentrierter Schwefelsäure, bringt den Schaleninhalt zum Kochen und läßt in die ununterbrochen kochende Flüssigkeit unter Umrühren Indigolösung solange aus einer Bürette zufließen, bis eben eine schwach grünliche Färbung entsteht. Die Anzahl der verbrauchten Kubikzentimeter Indigolösung vermerkt man ebenfalls (T).

Bezeichnet nun T den Titer der Indigolösung, d. h. diejenige Anzahl Kubikzentimeter Indigolösung, die zur Zersetzung von 1 mg Salpetersäure (N_2O_5) verbraucht wurden, bezeichnet ferner J diejenige Anzahl Kubikzentimeter Indigolösung, die zur Zersetzung der Salpetersäure in 50 ccm Wasser nötig waren, so ist der Gehalt des Wassers an

$$\text{Salpetersäure } (N_2O_5) = \frac{2\,J}{T} \text{ g im Hektoliter.}$$

Beispiel:

$$T = 16{,}3$$
$$J = 11{,}17$$

$$\text{so ist Salpetersäure } (N_2O_5) = \frac{2\,.\,11{,}7}{16{,}3} = \frac{23{,}4}{16{,}3} = 1{,}43 \text{ g im Hektoliter.}$$

Bestimmung der gebundenen Kohlensäure im Wasser.

Die Bestimmung der gebundenen Kohlensäure leistet oft wertvolle Dienste bei der Ermittlung der im Wasser enthaltenen Salze, sie ist außerdem leicht und schnell auszuführen, und zwar in folgender Weise:

100 ccm Wasser werden mit Lackmustinktur deutlich gefärbt und gekocht. Die meist schwach rötliche Farbe geht dabei wieder in blau über; nun läßt man tropfenweise $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure zu; das Wasser wird sich rot färben, jedoch beim Kochen wieder in schwach blau umschlagen, infolge Entweichens der Kohlensäure. Man fährt mit dem Schwefelsäurezusatz und dem Kochen solange fort, bis die Flüssigkeit nach etwa 3 Minuten langem Kochen zwiebelrot bleibt. Jeder Kubikzentimeter der Schwefelsäure entspricht 2,2 g Kohlensäure im Hektoliter Wasser.

Wurden beispielsweise 2,4 ccm $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure verbraucht, so enthält das Wasser 2,4 . 2,2 = 5,28 g Kohlensäure im Hektoliter, gebunden an Kalk, Magnesia, Natron.

Die Bestimmung des Eisens.

100 ccm des unfiltrierten Wassers werden mit 1 ccm reiner Salzsäure und einigen Körnchen Kaliumchlorat in einer Porzellanschale auf dem Wasserbad zur Trockne gedampft. Der Inhalt der Schale wird mit 1 ccm Salzsäure unter Nachspülen mit destilliertem Wasser in einen 100 ccm Meßzylinder gebracht und bis zur Marke 99 aufgefüllt. Weiter bringt man in drei weitere Meßzylinder 97,5, 97,0 und 96 ccm destilliertes Wasser und fügt in der gegebenen Reihenfolge 0,5, 1,0 und 2,0 ccm Kaliferrisulfatlösung zu und schüttelt um. Dann erhält jeder der drei Zylinder einen Zusatz von je 1 ccm Salzsäure; hierauf schüttelt man wieder gut um. Sind alle Zylinder in gleicher Weise beschickt, so fügt man zu jedem noch 1 ccm einer 10prozent. Rhodankaliumlösung. Nachdem man gut gemischt hat, vergleicht man die die Vergleichsflüssigkeit enthaltenden Zylinder mit dem, der das zu untersuchende Wasser enthält. Man wählt aus den drei Vergleichszylindern denjenigen aus, der in der Farbtiefe die größte Übereinstimmung mit dem das Wasser haltenden hat. Der Inhalt dieser beiden Zylinder wird in zwei Hehnersche Zylinder gefüllt und von der dunkleren Flüssigkeit solange abgelassen, bis die Flüssigkeitsschichten bei der Durchsicht gegen weißes Papier gleiche Farbtiefe haben. Man hält zweckmäßig die Zylinder etwa handbreit von dem Papier ab und beschattet die Oberfläche der Flüssigkeiten mit der Hand. Ist der Eisengehalt eines Wassers so groß, daß die Flüssigkeit wesentlich dunkler ist, als die 2 ccm Kaliferrisulfatlösung enthaltende Vergleichsflüssigkeit, so ist entsprechend zu verdünnen. Man läßt aus dem Hehnerschen Zylinder soviel ab, daß die Farbtiefe annähernd gleich ist. Die noch im Zylinder verbleibende Menge soll 20 ccm betragen. Man bringt dann die Gesamtflüssigkeit wieder auf 100 ccm derart, daß der Gehalt an Salzsäure und Rhodankaliumlösung wieder je 1 ccm beträgt. Es ist also bis zur Marke 98 mit destilliertem Wasser aufzufüllen und dann unter jedesmaligem Mischen 0,8 ccm Salzsäure und zuletzt 0,8 ccm Rhodankaliumlösung zuzufügen. Die Flüssigkeit ist durch diesen Zusatz wieder dunkler gefärbt, und hat man sie durch Ablassen wieder auf gleiche Farbtiefe mit dem Vergleichszylinder zu bringen. Müssen mehr denn 50 ccm abgelassen werden, so ist neuerdings zu verdünnen. Die Kaliferrisulfatlösung wird derart hergestellt,

daß 1 ccm = 0,1 mg Eisenoxyd Fe_2O_3 entspricht. Man löst zu diesem Zwecke 0,6291 g Kaliferrisulfat (rein violette Kristalle) in einem Literkolben in destilliertem Wasser, fügt 1 ccm reine Salzsäure zu und füllt zur Marke auf.

Bei der Bestimmung des Eisengehaltes eines Wassers können zwei Möglichkeiten eintreten:

1. Die Vergleichsflüssigkeit ist dunkler als die das Wasser enthaltende Probe, man muß also die beispielsweise mit 2 ccm Kaliferrisulfatlösung versetzte Lösung bis zur Marke 70 ablassen. Da nun 100 ccm Vergleichsflüssigkeit 0,2 mg Eisenoxyd enthalten, so enthalten 70 ccm 100 : 0,2 = 70 : x = 0,14 mg Eisenoxyd.

Es sind also in 100 ccm des zu untersuchenden Wassers enthalten
= 0,14 mg Eisenoxyd
im Liter = 1,4 „ „
im Hektoliter = 0,14 g „

2. Die Vergleichsflüssigkeit, der 2 ccm Eisenlösung zugesetzt wurden, ist heller, es ist der das zu untersuchende Wasser enthaltende Zylinder. Man hat, um gleiche Farbtiefe zu erzielen, diesen auf Marke 70 abzulassen. Da nun in 100 ccm der Vergleichsflüssigkeit = 0,2 mg enthalten sind, so sind bei gleicher Farbtiefe in 70 ccm des zu untersuchenden Wassers ebenfalls 0,2 ccm Eisenoxyd, in 100 ccm demnach 70 : 100 = 0,2 : x = 0,2857 mg.

Im Liter sind also enthalten = 2,857 mg Fe_2O_3
im Hektoliter „ „ „ = 0,2857 g „ „

Mußte das zu untersuchende Wasser, wie oben angegeben, noch verdünnt werden, als beispielsweise durch Ablassen auf 20 ccm und Wiederauffüllen auf 100 ccm, um das Fünffache, so bleibt der in obiger Rechnung erhaltene Wert noch mit 5 zu multiplizieren.

Bestimmung des Kalkes.

a) Maßanalytische Bestimmung des Kalkes. Man bringt in ein Becherglas 100 ccm des zu prüfenden Wassers, säuert mit etwas Salzsäure an, erhitzt zum Kochen, macht mit Ammoniak alkalisch und fügt langsam 25 ccm $\frac{N}{10}$-Oxalsäurelösung hinzu (siehe deren Bereitung bei Reagenzien). Die Flüssigkeit erhält man noch kurze Zeit im Kochen, um den Niederschlag von oxalsaurem Kalk dichter zu machen. Man kühlt nunmehr durch Einstellen des Becherglases in kaltes Wasser die Flüssigkeit ab, gießt diese darauf vorsichtig in einen 300 ccm-Kolben, spült sorgfältig das Becherglas mit destilliertem Wasser nach und füllt mit destilliertem Wasser bis zur Marke auf. Dann schüttelt man gut durch und filtriert durch ein trocknes Faltenfilter in ein trocknes Glas. Falls das Filtrat nicht gleich blank läuft, so gießt man dasselbe noch ein- oder mehrere Male auf das Filter zurück.

Von dem klaren Filtrat bringt man 200 ccm in einen Erlenmeyer-Kolben, versetzt sie mit 10 ccm konzentrierter reiner Schwefelsäure und erwärmt die Mischung auf etwa 60° C. Dann fügt man solange aus einer Tropfmeßröhre

$\frac{N}{10}$-Chamäleonlösung (deren Bereitung siehe bei Reagenzien) hinzu, bis eine bleibende schwache Rötung entsteht.

Da von den 300 ccm Flüssigkeit nur 200 ccm zur Titration angewandt wurden, so sind die verbrauchten Kubikzentimeter Chamäleon noch mit 1,5 zu multiplizieren, um die zur Oxydation der gesamten überschüssig hinzugesetzten Oxalsäure nötige Menge Chamäleon zu erfahren.

Durch einen zweiten Versuch ermittelt man, wieviel Kubikzentimeter Chamäleon 25 ccm Oxalsäure zur Oxydation verbrauchen (Titerbestimmung). Man gibt zu 200 ccm destilliertem Wasser 10 ccm konzentrierte Schwefelsäure, 10 ccm Oxalsäure und erwärmt auf 60° C.; dann titriert man bis zur schwachen Rotfärbung mit $\frac{N}{10}$-Chamäleonlösung. Die verbrauchten Kubikzentimeter Chamäleon multipliziert man mit 2,5 (Titer).

Es ist klar, daß von den zugesetzten 25 ccm der Oxalsäure ein Teil zur Fällung des Kalkes verbraucht worden ist und sich nach dem Abfiltrieren des oxalsauren Kalkes nicht mehr im Filtrat vorfindet. Durch die Titration des Filtrates mit Chamäleon ermittelt man, wieviel Kubikzentimeter der Oxalsäure noch vorhanden sind und wieviel mithin zur Ausfällung des Kalkes nötig waren.

25 ccm der $\frac{N}{10}$-Oxalsäure genügen genau zur Ausfällung von 0,070 g Kalk und werden zugleich durch eine bestimmte Anzahl Kubikzentimeter Chamäleon (Titerzahl) oxydiert; der Titer der Chamäleonlösung entspricht daher auch 0,070 g Kalk.

Die Berechnung läßt sich am zweckmäßigsten an einem Zahlenbeispiel erläutern.

Angenommen, der Titer der Chamäleonlösung sei zu 25,8 gefunden; 200 ccm des Filtrates haben zur Oxydation 12,4 ccm Chamäleon erfordert, 300 ccm des Filtrates demnach 12,4 . 1,5 = 18,6 ccm; es ist demnach eine 25,8 — 18,6 = 7,2 ccm Chamäleonlösung entsprechende Oxalsäuremenge an Kalk gebunden worden. Nun entsprechen 25,8 ccm Chamäleon 0,070 g Kalk; 7,2 ccm Chamäleonlösung entsprechen daher $\frac{0{,}070 \cdot 7{,}2}{25{,}8} = 0{,}0195$ g Kalk. Diese sind enthalten in 100 ccm Wasser, demnach im Hektoliter 0,0195 . 1000 = 19,5 g Kalk.

Die Menge des Kalkes im Hektoliter Wasser kann man ohne weiteres nach folgendem Ansatz berechnen, der nach dem soeben Gesagten verständlich ist: T : D = 70 : x, wobei T den Titer bedeutet, D aber den Unterschied zwischen dem Titer und derjenigen Chamäleonmenge bezeichnet, welche zum Oxydieren der in den 300 ccm Flüssigkeit überschüssig vorhandenen Oxalsäure verwendet wurde. Für oben angenommene Zahlen lautet die Verhältnisgleichung demnach:

$$25{,}8 : 7{,}2 = 70 : x$$
$$x = 19{,}5$$

b) **Gewichtsanalytische Bestimmung des Kalkes.** Das bei der Kieselsäurebestimmung aus dem Glührückstand erhaltene Filtrat wird mit Chlorammonium-

lösung versetzt, sodann mit Ammoniak übersättigt. Etwa ausfallende Niederschläge von Eisen- und Tonerdeverbindungen werden abdestilliert, das Filter ausgewaschen, das Filtrat zum Kochen gebracht und langsam mit oxalsaurem Ammoniak gefällt, noch eine Zeitlang gekocht und quantitativ abfiltriert. Der Niederschlag von oxalsaurem Kalk auf dem Filter wird mit verdünntem Ammoniak ausgewaschen, sodann in einen Platintiegel gebracht, verbrannt, schwach und zuletzt 10 Minuten auf dem Gebläse stark geglüht. Der oxalsaure Kalk geht dabei zuerst in kohlensauren Kalk und schließlich in Kalk (CaO) über, als welcher er gewogen wird. Für die Filterasche ist, wenn nötig, ein entsprechender Abzug zu machen. Der Kalk wird auf Hektoliter umgerechnet, im vorliegenden Fall, indem man die auf der Wage festgestellte Kalkmenge mit 10 multipliziert.

Enthält das Wasser viel Magnesia, so empfiehlt es sich, den Niederschlag von oxalsaurem Kalk auf dem Filter wieder in verdünnter Salzsäure zu lösen, das Filter heiß auszuwaschen und das Filtrat mit Ammoniak zu übersättigen. Hierbei fällt der oxalsaure Kalk wieder aus, der abermals durch dasselbe Filter wieder abfiltriert wird. Das Filtrat vereinigt man mit dem ersten Filtrat zur Magnesiabestimmung. Der Niederschlag an oxalsaurem Kalk wird, wie oben angegeben, weiterbehandelt.

Bestimmung der Magnesia.

a) Maßanalytische Bestimmung der Magnesia nach W. Windisch. Zur direkten Bestimmung der Magnesia im Wasser gibt es keine zweckdienliche titrimetrische Methode. Wohl aber läßt sich die Magnesia indirekt auf folgende Weise titrimetrisch bestimmen.

1. In 100 ccm Wasser wird zunächst nach der Anleitung auf S. 129 durch Titration mit $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure die gebundene, d. h. die an Kalk, Magnesia und eventuell Natron gebundene Kohlensäure bestimmt.

2. Weitere 100 ccm Wasser werden zur Trockne verdampft, der Rückstand ganz schwach geglüht, in wenig Wasser aufgenommen, von dem Niederschlage, der aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia besteht, abfiltriert, und das Filter mehrmals heiß ausgewaschen; im Filtrate wird abermals durch Titration mit $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure die gebundene Kohlensäure bestimmt. Es ist dies die Kohlensäure, die an Natron gebunden, als Soda im Wasser vorhanden ist. Enthält das Wasser keine Soda, so ist der Schwefelsäureverbrauch gleich Null. Enthält dagegen das Wasser Soda, so wird ein bestimmter Anteil Schwefelsäure zur Neutralisation derselben verbraucht.

Durch Subtraktion der unter 2. ermittelten Kohlensäure von der unter 1. ermittelten erhält man die Kohlensäure, die an Kalk und Magnesia gebunden ist. Ein sodahaltiges Wasser enthält die Erden nur in Form von kohlensauren Salzen.

3. Enthält das Wasser keine Soda, was allermeist der Fall ist, so werden weitere 100 ccm Wasser mit 5 ccm $\frac{N}{10}$-Sodalösung versetzt, zur Trockne ver-

dampft, mit heißem Wasser aufgenommen, filtriert, das Filter mehrmals heiß ausgewaschen und im Filtrat die überschüssige Soda mit $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure in der bekannten Weise titriert.

Berechnung: A. Das Wasser enthält Soda.

1. Unter 1. seien verbraucht worden 4,73 ccm $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure. Jeder Kubikzentimeter derselben entspricht 2,2 g Kohlensäure im Hektoliter. Es ergeben sich demnach:

4,73 . 2,2 = 10,406 g Kohlensäure im Hektoliter gebunden an Kalk, Magnesia und Natron.

2. Unter 2. wurden verbraucht 0,48 ccm $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure; das Wasser enthält demnach 0,48 . 2,2 = 1,056 g Kohlensäure im Hektoliter gebunden an Natron (entsprechend $\frac{1{,}056 \cdot 62}{44}$ = 14,88 g wasserfreier Soda im Hektoliter).

Das Wasser enthält somit:

	10,406 g Kohlensäure gebunden an Kalk, Magnesia und Natron
	1,056 „ „ „ „ „ „ „
demnach	9,350 g Kohlensäure gebunden an Kalk und Magnesia.

Eine Kalkbestimmung nach Seite 131 ergab 7,8 g Kalk (CaO) im Hektoliter. Nun binden 56 Teile Kalk (CaO) 44 Teile Kohlensäure (CO_2) zu kohlensaurem Kalk; die 7,8 g Kalk binden, somit $\frac{7{,}8 \cdot 44}{56} = \frac{7{,}8 \cdot 11}{14}$ = 6,129 g Kohlensäure zu 13,929 g kohlensaurem Kalk.

Es waren also:

	9,350 g Kohlensäure gebunden an Kalk und Magnesia
	6,129 „ „ „ „ „
demnach	3,221 g Kohlensäure gebunden an Magnesia.

Nun binden immer je 44 Teile Kohlensäure (CO_2) 40 Teile Magnesia (MgO) zu kohlensaurer Magnesia. Die 3,221 g Kohlensäure binden daher $\frac{3{,}221 \cdot 40}{44} = \frac{3{,}221 \cdot 10}{11}$ = 2,929 g Magnesia (MgO) zu 6,150 g kohlensaurer Magnesia.

Das Wasser enthält hiernach 2,929 = 2,93 g Magnesia (MgO) im Hektoliter.

B. Das Wasser enthält keine Soda.

1. Es wurden unter 1. verbraucht 5,38 ccm $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure, entsprechend 5,38 . 2,2 = 11,836 g CO_2 im Hektoliter gebunden an Kalk und Magnesia.

2. Unter 2. wurden verbraucht 0,0 ccm $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure.

3. Unter 3. wurden bei der Titration verbraucht 2,13 ccm $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure. Die zugefügten 5 ccm $\frac{N}{10}$-Sodalösung hätten verbrauchen müssen 5 ccm

$\frac{N}{10}$-Schwefelsäure; es ist demnach eine Sodamenge von 5 — 2,13 = 2,87 ccm, entsprechend 2,87 ccm $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure, durch die vorhandenen Kalk- und Magnesiasalze zersetzt worden. Diese 2,87 ccm $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure entsprechen 2,87 × 2,2 = 6,314 g CO_2 im Hektoliter.

Es sind demnach im ganzen gebunden, teils natürlich, teils durch den Sodazusatz 11,836 + 6,314 = 18,150 g CO_2 an Kalk und Magnesia.

Nun habe die Kalkbestimmung nach Seite 131 ergeben 12,38 g Kalk (CaO) im Hektoliter. Diese binden $\frac{12,38 \cdot 11}{14} = \frac{136,18}{14} = 9,723$ g CO_2 zu kohlensaurem Kalk. Es sind demnach:

18,150 g — 9,723 g = 8,427 g Kohlensäure gebunden an Magnesia.

Nun binden 44 Teile Kohlensäure 40 Teile Magnesia; 8,427 g Kohlensäure binden somit $\frac{8,427 \cdot 40}{44} = \frac{8,427 \cdot 10}{11} = \frac{84,27}{11} = 7,657$ g Magnesia.

Das Wasser enthält hiernach 7,66 g Magnesia im Hektoliter.

b) **Gewichtsanalytische Bestimmung der Magnesia.** Das Filtrat von der Kalkbestimmung (S. 131) wird stark ammoniakalisch gemacht und unter fortwährendem Umrühren tropfenweise mit 10 ccm Magnesiamixtur (siehe unten) versetzt. Nach mindestens einstündigem, besser 24stündigem Stehen wird abfiltriert, der Niederschlag auf dem Filter solange mit verdünntem Ammoniak (1 : 3) ausgewaschen, bis das Filtrat nach Ansäuern mit Salpetersäure mit Silberlösung keine Chlorreaktion mehr gibt. Das Filter samt Niederschlag wird nun im Trockenschrank getrocknet, dann in einen Platintiegel gegeben, bei gelindem Feuer verbrannt, dann schwach und zum Schluß 10 Minuten im Gebläse stark geglüht, im Exsikkator erkalten gelassen und gewogen. Ist der geglühte Niederschlag nicht reinweiß, so wird er mit Salpetersäure angefeuchtet, zur Trockne verdampft und abermals geglüht.

Der Niederschlag ist pyrophosphorsaure Magnesia $Mg_2P_2O_7$. Durch Multiplikation dieser pyrophosphorsauren Magnesia mit 0,36 erhält man die Magnesia.

Berechnung: Es wurden gefunden 0,1357 g $Mg_2P_2O_7$, entsprechend 0,1357 . 0,36 = 0,04885 g MgO. Diese stammten aus 1000 ccm Wasser; ein Hektoliter des Wassers enthält demnach 4,89 g MO.

Bestimmung der Härte.

Die Härte der natürlich vorkommenden Wässer ist entweder durch Kalkverbindungen oder durch Kalk- und Magnesiaverbindungen bedingt. Ein Wasser, welches bedeutende Mengen von Salzen der Erdalkalien (Kalk, Magnesia) enthält, nennt man ein hartes Wasser. Ein an diesen Stoffen armes Wasser nennt man ein weiches Wasser.

Wässer, welche kohlensaure Erden gelöst enthalten, scheiden diese beim Kochen des Wassers unlöslich ab. Ein solches Wasser ist also vor dem Kochen

härter als nach dem Kochen. Die Härte eines derartigen Wassers vor dem Kochen nennt man **Gesamthärte**, die nach dem Kochen **bleibende Härte**. Den Unterschied zwischen Gesamthärte und bleibender Härte nennt man **vorübergehende** (temporäre) Härte. Es ist klar, daß die vorübergehende Härte einen Maßstab abgibt für die im Wasser enthaltenen kohlensauren Erden (kohlensauerer Kalk und kohlensaure Magnesia).

Man drückt die Härte eines Wassers aus in sogenannten Härtegraden. Es ist in Deutschland Brauch, die Einheiten von Kalk in 100000 Teilen Wasser Härtegrade zu nennen (deutsche Härtegrade). Für vorhandene Magnesiaverbindungen kommt hierbei eine entsprechende Menge Kalk in Rechnung.

Findet man hiernach z. B., daß ein Wasser 20 Härtegrade zeigt, so heißt dies: 100000 Teile Wasser enthalten 20 Teile (ein Hektoliter Wasser enthält 20 g) Kalk oder Kalk und Magnesia, letztere ausgedrückt durch die entsprechende Menge Kalk, gebunden an Schwefelsäure, Kohlensäure, Salpetersäure oder Chlor.

Eine wenn auch nicht genaue, so doch unsern Zwecken oft dienliche, mehr orientierende Methode zur Bestimmung der Härte eines Wassers ist die der Titration des Wassers mit **Seifenlösung**. (Siehe deren Bereitung unten.)

Wenn man Brunnenwasser, welches Kalk enthält, mit Seifenlösung versetzt, so trübt es sich, je nach der Menge des Kalkes, mehr oder weniger. Die Seife besteht aus fettsauren Alkalien; war z. B. Gips, d. i. schwefelsaurer Kalk, im Wasser, so setzt sich dieser mit der Seife um in schwefelsaures Alkali und fettsauren Kalk. Letzterer ist in Wasser unlöslich und trübt dieses daher. Es ist klar, daß, je mehr Seife in dieser Weise zersetzt wird, um so mehr Härtebestandteile das Wasser enthält, und man ist im stande, aus der Menge der zersetzten Seifenlösung einen Schluß zu ziehen auf die Menge der Härtebestandteile des Wassers. Es kommt nur darauf an, den Zeitpunkt zu ermitteln, wann die dem Wasser zugesetzte Seifenlösung eben nicht mehr von den Härtebestandteilen des Wassers zersetzt wird, d. i. wann aller Kalk und alle Magnesia als fettsaure Salze unlöslich abgeschieden sind.

Es ist nicht schwer, diesen Punkt ziemlich genau zu ermitteln. Die Seifenlösung hat bekanntlich die Eigenschaft, wenn sie stark geschlagen oder geschüttelt wird, zu schäumen, weil die Seife sich hierbei zersetzt in Base und saures fettsaures Salz; letzteres schäumt. Man kann daher den Gehalt einer Flüssigkeit an nicht zersetzter Seifenlösung dadurch nachweisen, daß man sie heftig schüttelt; bildet sich Schaum, so enthält die Flüssigkeit unzersetzte Seife, bildet sich kein Schaum, so ist alle Seife zersetzt.

Die Härte wird auf folgende Weise bestimmt:

a) **Bestimmung der Gesamthärte.** Man bringt mit Hilfe eines Meßhebers je nach der Härte des Wassers 10, 25, 50 ccm des zu untersuchenden Wassers in ein 100 ccm-Kölbchen und füllt mit destilliertem Wasser bis zur Marke auf. Bei ganz weichen Wässern nimmt man 100 ccm unverdünntes Wasser in Arbeit. Jedenfalls soll man auf keinen Fall mehr als nötig verdünnen. Dieses Gemenge gibt man in eine 300 ccm fassende Flasche, läßt kubikzentimeterweise titrierte Seifenlösung zulaufen und schüttelt nach jedem Kubikzentimeter die

Flasche kräftig und gleichmäßig; am besten schüttelt man von oben nach unten, wobei der Stopfen und der Hals des Glases mit der rechten, der Boden mit der linken Hand ergriffen wird. Man beobachtet, daß sich zunächst entweder gar kein Schaum bildet, oder daß derselbe sehr rasch vergeht. Wird der Schaum etwas beständiger, dann gibt man nur noch halbe, bezw. Zehntel Kubikzentimeter, zuletzt nur noch tropfenweise Seifenlösung zu, bis sich nach erfolgtem Schütteln ein zarter, nach 5 Minuten langem Stehen nicht verschwindender Schaum bildet. Man liest nun die Anzahl der verbrauchten Kubikzentimeter Seifenlösung ab und vermerkt dieselben.

Bemerkt sei, daß das zur Untersuchung stehende Wasser eine Temperatur von annähernd 15° C. haben muß. Wasser von 25° C. hält bei derselben Menge Seifenlösung den Schaum noch nicht eine Minute.

Bilden sich während des Versuches auf der Oberfläche der Flüssigkeit schaumige Häute oder Krusten, so weist dies auf die Anwesenheit von Magnesiaverbindungen hin.

Die Berechnung der Härtebestandteile des Wassers aus der Menge der verbrauchten Seifenlösung wäre ganz einfach, wenn der Verbrauch an Seifenlösung in genau demselben Verhältnisse stiege, wie die Härte zunimmt. Man hätte in diesem Falle nur nötig, die einem Kubikzentimeter der Seifenlösung

Seifenlösung ccm	Härtegrade	Unterschied	Seifenlösung ccm	Härtegrade	Unterschied
1,5	—	—	24	5,87	0,27
2	0,15	0,15	25	6,15	0,28
3	0,40	0,25	26	6,43	0,28
4	0,65	0,25	27	6,71	0,28
5	0,90	0,25	28	6,99	0,28
6	1,15	0,25	29	7,27	0,28
7	1,40	0,25	30	7,05	0,28
8	1,65	0,25	31	7,83	0,28
9	1,90	0,26	32	8,12	0,29
10	2,16	0,26	33	8,41	0,29
11	2,42	0,26	34	8,70	0,29
12	2,68	0,26	35	8,99	0,29
13	2,94	0,26	36	9,28	0,29
14	3,20	0,26	37	9,57	0,29
15	3,46	0,26	38	9,87	0,30
16	3,72	0,26	39	10,17	0,30
17	3,98	0,27	40	10,47	0,30
18	4,25	0,27	41	10,77	0,30
19	4,52	0,27	42	11,07	0,30
20	4,79	0,27	43	11,38	0,31
21	5,06	0,27	44	11,69	0,31
22	5,33	0,27	45	12,00	0,31
23	5,60	0,27			

entsprechende Härte mit der Anzahl der verbrauchten Kubikzentimeter Seifenlösung zu multiplizieren. Die Umsetzung erfolgt jedoch nicht in diesem Sinne, vielmehr muß man zur Ermittlung der Härte nach erfolgter Titration vorstehende Tabelle zu Hilfe nehmen.

Die Benutzung der Tabelle ist einfach. Finden sich die verbrauchten Kubikzentimeter Seifenlösung in der Tabelle verzeichnet, so liest man die dadurch angezeigten Härtegrade ohne weiteres ab.

Es seien z. B. 31 ccm Seifenlösung verbraucht worden, so entspricht die Härte nach der Tabelle 7,83 Härtegraden.

Sind aber beispielsweise 31,6 ccm Seifenlösung verbraucht, so entsprechen zunächst 31 ccm 7,83 Härtegraden. Es sind aber 0,6 ccm mehr verbraucht worden. 1 ccm Seifenlösung entspricht laut Tabelle 0,28 Härtegraden. Demnach entsprechen 0,6 ccm Seifenlösung $0,6 \times 0,28 = 0,168 = 0,17$ Härtegraden. Also:

31 ccm	Seifenlösung entsprechen	7,83	Härtegraden
0,6 „	„ „	0,17	„
31,6 ccm	Seifenlösung entsprechen	8,00	Härtegraden.

War das Wasser auf das Zehn-, Vier- oder Zweifache verdünnt, so hat man die Härtegrade mit 10, 4 resp. 2 zu multiplizieren.

b) Bestimmung der bleibenden Härte. 500 ccm Wasser werden in einem Becherglase oder Kochkolben eine halbe Stunde lang kräftig gekocht, wobei man das verdampfte Wasser hin und wieder durch destilliertes Wasser ersetzt. Nach dem Erkalten gießt man das gekochte Wasser in einen 500 ccm-Kolben und spült das Kochgefäß mit destilliertem Wasser nach; schließlich füllt man noch mit destilliertem Wasser bis zur Marke auf, schüttelt gut durch, läßt den Niederschlag sich absetzen und filtriert durch ein trockenes Filter in ein trockenes Glas.

In 100 ccm des Filtrates (oder des entsprechend verdünnten Filtrates) wird die Härte auf die oben angegebene Weise bestimmt.

Obiges Wasser, dessen Gesamthärte mit 8,00 Härtegraden bestimmt war, habe beispielsweise für 100 ccm nach dem Kochen 19,7 ccm Seifenlösung verbraucht. 19 ccm entsprechen laut Tabelle 4,52 Härtegraden. 0,7 ccm Seifenlösung entsprechen $0,7 \times 0,27$ (Unterschied) $= 0,189 = 0,19$ Härtegraden. $4,52^0 + 0,19^0 = 4,71^0$.

Die bleibende Härte des Wassers beträgt	4,71	Härtegrade
„ Gesamthärte „ „ betrug	8,00	„
also beträgt die vorübergehende Härte	3,29	Härtegrade.

Genau ermittelt man die Härte eines Wassers durch Bestimmung des Kalkes und der Magnesia und Addition der gefundenen Werte, wobei die Magnesia als Kalk ($Mg\,O \times 1,4$) ausgedrückt wird. Es sei z. B.

der Kalkgehalt = 14,3 g im Hektoliter,
der Magnesiagehalt = 3,9 g im Hektoliter,
so ist die Härte $= 14,3 + 3,9 \times 1,4 = 14,3 + 5,46 = 19,76^0$.

Bestimmung der Schwefelsäure.

a) Maßanalytische Bestimmung der Schwefelsäure nach W. Windisch. 100 ccm Wasser — bei schwefelsäurearmen Wässern werden mehrere Hundert Kubikzentimeter unter Zusatz einiger Tropfen Salzsäure auf 100 ccm eingedampft — werden in einem Becherglase mit ganz wenig Salzsäure angesäuert, zum Kochen erhitzt, mit Ammoniak wieder neutralisiert oder ganz schwach alkalisch gemacht, kochend mit 50 ccm $\frac{N}{50}$-Chlorbaryum-Lösung (s. Reagenzien) und gleich hinterher mit 50 ccm $\frac{N}{50}$-Kaliumchromat-Lösung (s. Reagenzien) versetzt, noch eine bis zwei Minuten gekocht, sodann mit dem Niederschlage quantitativ in einen 300 ccm-Kolben gebracht, auf Zimmertemperatur abgekühlt und bei dieser Temperatur mit destilliertem Wasser auf 300 ccm aufgefüllt, durchgeschüttelt und in ein trockenes Gefäß filtriert. Je 100 ccm des Filtrates werden im Erlenmeyer-Kolben mit je 50 ccm $\frac{N}{50}$-arseniger Säure (s. Reagenzien) und 5 ccm 20prozent. Schwefelsäure versetzt, gut durchgeschüttelt und bis zur vollständigen Entfärbung stehen gelassen, die innerhalb 2—3 Minuten spätestens eintritt. Ist das Wasser sehr schwefelsäurereich, das Filtrat daher sehr reich an Chromat, und tritt die Entfärbung bei Zusatz der arsenigen Säure nicht rasch ein, so setzt man zweckmäßig weitere 50 ccm $\frac{N}{50}$-arsenige Säure zu. Dann fügt man 100 ccm einer kalt gesättigten Lösung von doppeltkohlensaurem Natron hinzu und titriert mit $\frac{N}{50}$-Jodlösung (s. Reagenzien) bis zur bleibenden lichtblauen Färbung.

Ist nun T_1 der Titer zwischen Jod und arseniger Säure, T_2 der Titer zwischen der arsenigen Säure und dem chromsauren Kali, J die Anzahl der verbrauchten Kubikzentimeter Jodlösung bei Verwendung von $\frac{N}{50}$-Lösungen, so ist:

$$x = \frac{12\,(T_1 - J)}{T_1 \cdot T_2} \text{ Gramm Schwefelsäure } (SO_3) \text{ in 100 ccm.}$$

Was die Titerstellung anbelangt, so stimmen die Chlorbarium- und Kaliumchromatlösung bei Verwendung reiner Substanzen und genauem Abwägen ganz genau aufeinander. Je 50 ccm der beiden Flüssigkeiten miteinander gemischt, liefern ein farbloses Filtrat, in dem Schwefelsäure keine Trübung hervorbringt. Das Filtrat ist also frei von Chromsäure und von Baryum.

Die Beziehungen zwischen der arsenigen Säure und der Jodlösung werden ermittelt durch Titrieren von 50 ccm der ersten Lösung mit $\frac{N}{50}$-Jodlösung und zwar unter denselben Versuchsbedingungen, wie sie später eingehalten werden; d. h. man fügt zu 50 ccm der arsenigen Säure 5 ccm 20prozent. Schwefel-

säure und 100 ccm kalt gesättigte Natriumbikarbonatlösung und titriert mit $\frac{N}{50}$-Jodlösung bis zur Lichtblaufärbung.

Den Titer zwischen der arsenigen Säure und der Chromatlösung bestimmt man, indem man 50 ccm der $\frac{N}{50}$-Chromatlösung auf 300 verdünnt, davon 50 ccm mit 5 ccm 20prozent. Schwefelsäure und 50 ccm $\frac{N}{50}$-arseniger Säure versetzt und die nicht oxydierte arsenige Säure mit $\frac{N}{50}$-Jodlösung titriert. Es ist dann

$$T_2 = \frac{300\,(T_1 - J)}{T_1},$$

wobei T_1 den Titer zwischen der Jodlösung und der arsenigen Säure, J die verbrauchten Kubikzentimeter Jodlösung darstellen.

Man stellt aus mehreren Gründen Zehntel-Normallösungen her. Die Fünfzigstel-Normallösungen stellt man nach Bedarf aus den Zehntel-Normalflüssigkeiten durch entsprechende Verdünnung — 200 ccm zu einem Liter — her. Die arsenige Säure muß absolut rein sein.

Beispiel: 50 ccm der arsenigen Säurelösung, mit 5 ccm 20prozent. Schwefelsäure und 100 ccm einer Lösung von doppeltkohlensaurem Natron versetzt, erforderten genau 50 ccm Jodlösung bis zur Lichtblaufärbung; es ist also $T_1 = 50$.

50 ccm der Chromatlösung wurden auf 300 ccm verdünnt. Davon wurden 50 ccm mit 5 ccm 20prozent. Schwefelsäure, dann mit 50 ccm der Lösung von arseniger Säure und nach erfolgter Entfärbung mit 100 ccm einer gesättigten Lösung von doppeltkohlensaurem Natron versetzt und die nicht oxydierte arsenige Säure mit Jodlösung titriert; es waren hierzu 25,25 ccm Jodlösung erforderlich. Es ist demnach

$$T_2 = \frac{300\,(T_1 - I)}{T_1} = \frac{300\,(50 - 25{,}25)}{50} = 6 \cdot 24{,}75 = 148{,}50.$$

Der Jodverbrauch bei der Wassertitration habe betragen 29,8 ccm, also $J = 29{,}8$.

Hieraus berechnet sich die Schwefelsäure (SO_3) in 100 ccm Wasser:

$$x = \frac{12\,(T_1 - J)}{T_1 \cdot T_2} = \frac{12\,(50 - 29{,}8)}{50 \cdot 148{,}5} = 0{,}03265 \text{ g}.$$

Im Hektoliter Wasser sind sonach 32,65 g Schwefelsäure (SO_3).

b) **Gewichtsanalytische Bestimmung der Schwefelsäure.** 200 ccm Wasser — bei schwefelsäurearmen Wässern dampft man eine große Menge auf eben dieses Volumen ein — werden mit Salzsäure angesäuert zum Kochen erhitzt und tropfenweise unter fortwährendem Kochen mit kochender Chlorbariumlösung in schwachem Überschuß versetzt. Danach läßt man noch einige Minuten kochen, läßt den Niederschlag an einem warmen Ort, am besten auf dem Wasserbade absitzen und filtriert dann durch ein aschefreies Filter. Der mit heißem Wasser aus-

gewaschene Niederschlag wird getrocknet, in einem gewogenen Platintigel verascht, geglüht, mit etwas Schwefelsäure angefeuchtet, getrocknet, abermals geglüht und gewogen.

Schwefelsaures Barium ($BaSO_4$) $\times$ 0,34322 = Schwefelsäure (SO_3).

Bestimmung des Chlors.

a) **Maßanalytische Bestimmung des Chlors.** Man mißt mit einem Meßheber (Pipette) 50 ccm des zu prüfenden Wassers ab, bringt sie in eine Porzellanschale und färbt sie mit einigen Tropfen einer gesättigten Lösung von neutralem chromsauren Kali deutlich gelb. Dann versetzt man das Wasser unter Umrühren mit einem Glasstabe aus einer in $^1/_{10}$ ccm eingeteilten Glashahnbürette mit $\frac{N}{100}$-Silberlösung (s. Reagenzien); jeder einfallende Tropfen erzeugt an der Einfallstelle einen braunen Niederschlag, der aber beim Umrühren wieder verschwindet. Man fährt mit dem Zusatz der Silberlösung fort, bis der anfangs weiße Niederschlag eine beim Umrühren nicht mehr verschwindende, schwach rötliche Farbe annimmt.

Jeder Kubikzentimeter der Silberlösung entspricht 0,000355 g Chlor, Multipliziert man daher die verbrauchten Kubikzentimeter der Silberlösung mit 0,71, so erhält man die im Hektoliter Wasser enthaltenen Gramm Chlor. Das in dem natürlichen Wasser vorkommende Chlor ist in den meisten Fällen an Natrium gebunden zu Chlornatrium (Kochsalz). Multipliziert man die verbrauchten Kubikzentimeter Silberlösung mit 1,17, so erhält man die dem gefundenen Chlor entsprechenden Teile Kochsalz.

Beispiel. 50 ccm des Wassers gebrauchten 14 ccm $\frac{N}{100}$-Silberlösung,
ein Hektoliter Wasser enthält daher $14 \times 0{,}71 = 9{,}94$ g Chlor
oder $14 \times 1{,}17 = 16{,}38$ g Kochsalz.

Der chemische Vorgang bei der Chlorbestimmung ist folgender:

Die Metallchloride geben mit Silberlösung einen weißen Niederschlag von Chlorsilber, chromsaures Kali dagegen gibt einen rotbraunen Niederschlag von chromsaurem Silber. Finden sich jedoch beide in einer Flüssigkeit zusammen, so wirkt zunächst die Silberlösung auf die Chloride unter Bildung von Chlorsilber; erst wenn sämtliches Chlor an Silber gebunden ist, vermag sich die Silberlösung mit dem chromsauren Kali zu dem rotbraunen chromsauren Silber umzusetzen. Das Auftreten der rotbraunen Farbe bei der Chlorbestimmung gestattet daher, mit großer Genauigkeit zu ermitteln, wieviel Kubikzentimeter der Silberlösung zur Bindung des Chlors im Wasser nötig waren.

Die Methode liefert gar nicht selten ungenaue Ergebnisse bei Wässern, die Soda, kohlensaure Erden oder viel organische Substanzen enthalten.

Nach Windischs Untersuchungen beeinflussen die kohlensauren Salze (Soda), insbesondere aber organische Substanzen des Wassers (Fäkalien) die Endreaktion. Man findet in Wässern, die diese Stoffe in beträchtlicherer Menge enthalten, zu

viel Chlor, bis zur fünffachen Menge des wirklichen vorhandenen Chlors. In solchen Fällen erhielt Windisch nach folgender Methode mit der Gewichtsanalyse gut übereinstimmende Zahlen:

50 ccm Wasser werden in einer geräumigen Porzellanschale mit $^1/_2$ ccm Salpetersäure versetzt. Dann fügt man mittelst Pipette genau 50 ccm $\frac{N}{100}$-Silberlösung hinzu, neutralisiert die überschüssige Salpetersäure mit überschüssigem kohlensaurem Baryt und fügt einige Tropfen gelbes chromsaures Kali hinzu, worauf sich die ganze Flüssigkeit braun färbt, infolge des ausgeschiedenen chromsauren Silbers. Nun titriert man mit $\frac{N}{100}$-Kochsalzlösung bis zum völligen Verschwinden des chromsauren Silbers, d. h. bis die Flüssigkeit rein gelbweiß gefärbt erscheint.

Beispiel: Es seien 24,6 ccm $\frac{N}{100}$-Kochsalzlösung verbraucht worden; diese entsprechen ebensovielen, also 24,6 ccm $\frac{N}{100}$-Silberlösung; es waren also 50 — 24,6 = 25,4 ccm Silberlösung durch Chlor zersetzt worden. Diese entsprechen 25,4 . 0,71 = 18,03 g Chlor im Hektoliter Wasser. —

Außer den angeführten qualitativ oder quantitativ bestimmten Wasserbestandteilen kommen im Wasser fast immer noch vor: Natron und Kieselsäure, meistens: Kali und Tonerde.

b) **Gewichtsanalytische Bestimmung des Chlors.** 500 ccm Wasser werden im Becherglas ohne Verlust auf etwa 100 ccm unter Zusatz von etwas Salpetersäure bis zur schwach sauren Reaktion eingedampft und kochendheiß mit salpetersaurem Silber unter fortwährendem Umrühren gefällt. Der Niederschlag von Chlorsilber ballt sich zusammen, und die darüber stehende Flüssigkeit erscheint fast klar. Das Chlorsilber wird sofort und rasch abfiltriert, mit heißem Wasser ausgewaschen und im Dunkeln bei 100° getrocknet. Man trennt alsdann so gut wie möglich das Chlorsilber vom Filter und verbrennt letzteres für sich in einem geglühten und gewogenen Porzellantiegel. Durch die Filterkohle wird das am Filter haften gebliebene Chlorsilber zum Teil zu Silber reduziert; man durchtränkt daher die Filterasche mit einem Tropfen Salpetersäure, erwärmt etwas, um das Silber zu lösen und fügt dann einen Tropfen Salzsäure hinzu. Nachdem man durch vorsichtiges Erwärmen die überschüssige Säure verjagt hat, gibt man auch die Hauptmenge des Chlorsilbers in den Porzellantiegel und glüht nun so stark, daß das Chlorsilber zu einem Regulus zusammenschmilzt. Man läßt den Tiegel im Exsikkator erkalten und wiegt das Chlorsilber.

Berechnung: Chlorsilber × 0,24729 = Chlor.

Verbindung der Säuren und Basen des Wassers zu Salzen.

Wenn im Vorstehenden gesagt wurde: das Wasser enthält Schwefelsäure, oder im Wasser kommt Natron vor, so soll dies keinesfalls heißen, daß das

Wasser freie Schwefelsäure oder freies Natron enthält. Sämtliche Säuren und Basen kommen im Wasser nur im gebundenen Zustande, d. h. als Salze vor.

Sieht man von den in geringen Mengen im Wasser vorkommenden, aber an sich unwichtigen Mineralbestandteilen des Wassers ab, so können folgende Salze im Wasser enthalten sein:

Kalksalze	Magnesiasalze	Natronsalze	Ammoniaksalze	Eisensalze
saurer kohlensaurer Kalk schwefelsaurer Kalk (Gips), seltener: salpetersaurer Kalk, Chlorkalzium	saure kohlensaure Magnesia, seltener: schwefelsaure Magnesia, Chlormagnesium	Chlornatrium (Kochsalz) seltener: kohlensaures Natron, schwefelsaures Natron, salpetersaures Natron	salpetersaures Ammoniak, salpetrigsaures Ammoniak, kohlensaures Ammoniak.	doppelt kohlensaures Eisenoxydul.

Obwohl man nicht mit Bestimmtheit behaupten kann, in welcher Bindung die Säuren und Basen im Wasser vorkommen, so erleichtert die Kombination derselben zu Salzen doch wesentlich das Urteil über das Wasser und bietet außerdem eine Art Kontrolle über die Richtigkeit der Analyse oder über die Menge der im Wasser vorhandenen, jedoch nicht näher bestimmten Bestandteile (Wasser mit viel Alkalien).

Nun ist die Kombination der Säuren und Basen nicht so einfach, zumal bei Wässern, deren Zusammensetzung vom Durchschnitte wesentlich abweicht, und bei Berücksichtigung sämtlicher Bestandteile des Wassers. Im letzteren Falle müßten außer dem Ammoniak, der Salpetersäure und der salpetrigen Säure, auch die Alkalien quantitativ bestimmt werden. Wir sehen aus naheliegenden Gründen von diesen Verhältnissen ganz ab und setzen den Fall, der zumeist zutrifft, wir haben ein Wasser von Durchschnittszusammensetzung, dessen Rückstand der Hauptsache nach aus Kalk und Magnesiaverbindungen besteht, dessen Alkalien als Chloride, speziell als Kochsalz vorhanden sind.

Die Rechnung selbst möge an einem besonderen Beispiel klar gemacht werden. Es sei beispielsweise gefunden im Hektoliter Wasser:

Rückstand	16,17 g
Kalk	4,23 „
Magnesia	2,33 „
Chlor	0,76 „
Schwefelsäure . . .	2,11 „
Eisen	Spur
Salpetersäure . . .	wenig vorhanden
salpetrige Säure . .	nicht vorhanden
Ammoniak	nicht vorhanden
geb. Kohlensäure . .	5,02 g
org. Substanz entspr.	0,157 g Chamäleon.

In diesem einfachen Falle verfährt man nun so:

1. Zunächst bindet man die Schwefelsäure an Kalk; gemäß der Gleichung $\underset{80}{SO_3}+\underset{56}{CaO}=\underset{136}{CaSO_4}$ binden 80 g Schwefelsäure 56 g Kalk zu 136 g Gips; also binden 2,11 g SO_3 $2{,}11 \times \frac{56}{80} = 2{,}11 \cdot \frac{7}{10} = 1{,}477 = 1{,}48$ g CaO zu 2,11 + 1,48 = 3,59 g Gips.

Also $CaSO_4$ (schwefelsaurer Kalk, Gips) = 3,59 g.

2. Nun bindet man den Rest Kalk an Kohlensäure; gefunden waren 4,23 g CaO, davon sind gebunden an Schwefelsäure 1,48 g, verbleiben also noch 2,75 g Kalk, die an Kohlensäure zu binden sind.

Nach der Gleichung $\underset{56}{CaO}+\underset{44}{CO_2}=\underset{100}{CaCO_3}$ binden 56 g Kalk 44 g Kohlensäure zu 100 g kohlensaurem Kalk; also binden 2,75 g Kalk $2{,}75 \cdot \frac{44}{56} = 2{,}75 \cdot \frac{11}{14} = 2{,}16$ g Kohlensäure zu 4,91 g kohlensaurem Kalk.

Also $CaCO_3$ (kohlensaurer Kalk) = 4,91 g.

3. Nun bindet man die Magnesia an Kohlensäure. Gemäß der Gleichung $\underset{40}{MgO}+\underset{44}{CO_2}=\underset{84}{MgCO_3}$ binden 40 g Magnesia 44 g Kohlensäure zu 84 g kohlensaurer Magnesia; es binden demnach die gefundenen 2,33 g Magnesia $2{,}23 \cdot \frac{44}{40} = 2{,}33 \cdot \frac{11}{10} = 2{,}56$ g Kohlensäure zu 4,89 g kohlensaurer Magnesia.

Also $MgCO_3$ (kohlensaure Magnesia) = 4,89 g.

4. Zum Schluß bindet man das Chlor an Natrium; nach der Gleichung $\underset{35,5}{Cl}+\underset{23}{Na}=\underset{58,5}{NaCl}$ entsprechen 35,5 g Chlor 58,5 g Kochsalz; also entsprechen die gefundenen 0,76 g Chlor $0{,}76 \cdot \frac{58{,}5}{35{,}5} = 0{,}76 \cdot \frac{117}{71} = 1{,}23$ g Kochsalz.

Also NaCl (Kochsalz) = 1,23 g.

Es enthält somit das Wasser:

Gips	3,59 g	im Hektoliter
kohlensauren Kalk	4,91 „	„ „
kohlensaure Magnesia	4,89 „	„ „
Kochsalz	1,23 „	„ „

Hat man, wie im vorliegenden Falle, und wie immer anzuraten ist, die gebundene Kohlensäure bestimmt, so rechnet man anders. Ein Blick auf vorstehende Rechnung gibt die unter 2. und 3. an Kalk und Magnesia gebundene Menge Kohlensäure zu 4,72 g an; es sind jedoch gefunden 5,02 g Kohlensäure. Der Unterschied 5,02 — 4,72 ist zu groß und erfordert eine andere Berechnung der Salze im Wasser:

1. Zunächst bindet man die Magnesia an Kohlensäure. Nach 3. der ersten Rechnung banden die 2,33 g Magnesia 2,56 g Kohlensäure zu 4,89 g kohlensaurer Magnesia. Es verbleiben sonach noch 5,02 — 2,56 = 2,46 g Kohlensäure, die

2. an Kalk zu binden sind. Nach 2. der ersten Rechnung binden 44 g Kohlensäure 56 g Kalk zu 100 k kohlensaurem Kalk; es binden somit 2,46 g Kohlensäure $2{,}46 \cdot \frac{56}{44} = 2{,}46 \cdot \frac{14}{11} = 3{,}13$ g Kalk zu 2,46 + 3,13 = 5,59 g kohlensaurem Kalk.

3. Vorhanden sind 4,23 g Kalk, davon sind an Kohlensäure gebunden 3,13 g; es verbleiben somit noch 4,23 — 3,13 = 1,10 g Kalk, die an Schwefelsäure zu binden sind. Nach 1. der ersten Rechnung binden 56 g Kalk 80 g Schwefelsäure zu 136 g Gips; es binden also 1,1 g Kalk $1{,}1 \cdot \frac{80}{56} = 1{,}1 \cdot \frac{10}{7} =$ 1,59 g Schwefelsäure zu 1,10 + 1,59 = 2,69 g Gips.

4. Es waren gefunden 2,11 g Schwefelsäure, davon sind nach 3. gebunden 1,59 g an Kalk; es verbleiben somit noch 2,11 — 1,59 = 0,52 g Schwefelsäure, die an Alkali, z. B. an Natrium gebunden werden. Nach der Gleichung: $\underset{62}{Na_2O} + \underset{80}{SO_3} = \underset{142}{Na_2SO_4}$ binden 80 g Schwefelsäure 62 g Natron; also binden 0,52 g Schwefelsäure $0{,}52 \cdot \frac{62}{80} = 0{,}52 \cdot \frac{31}{40} = 0{,}40$ g Natron zu 0,52 + 0,40 = 0,92 g schwefelsaurem Natron.

5. Zum Schlusse bindet man noch das Chlor an Natrium; 0,76 g Chlor liefern nach 4. der ersten Rechnung 1,23 g Kochsalz.

Es sind daher im Wasser folgende Verbindungen:

kohlensaure Magnesia	4,89 g im Hektoliter
kohlensaurer Kalk	5,59 „ „ „
schwefelsaurer Kalk	2,69 „ „ „
schwefelsaures Natron	0,92 „ „ „
Chlornatrium	1,23 „ „ „
	15,32 g im Hektoliter

Der Rückstand betrug 16,17 g. Der Unterschied 16,17 — 15,32 = 0,85 g entfällt auf Kieselsäure, Eisen. Tonerde, organische Substanz, Kali und ist so gering, daß er das Urteil über das Wasser nicht beeinflußt.

Die Untersuchung des Kesselspeisewassers.

Die Untersuchung des Kesselspeisewassers beschäftigt sich hauptsächlich mit der Härtebestimmung des Wassers. Ein Wasser ist zum Kesselspeisen um so mehr geeignet, je weniger Härtebestandteile es enthält, da diese den Anlaß zu der im höchsten Grade unerwünschten, oft sogar gefährlichen Kesselsteinbildung bieten.

An der Kesselsteinbildung nehmen im wesentlichen der Gips, der kohlensaure Kalk und die kohlensaure Magnesia teil. Diese Körper aber unterscheiden

sich ganz besonders durch die Art des Kesselsteines, den sie bilden. Die kohlensauren Salze, die durch die freie Kohlensäure des Wassers in Lösung gehalten werden, scheiden sich beim Kochen als lockeres Pulver ab; wenn der Kessel vor dem Ausblasen erst abgekühlt wird, so können die ausgeschiedenen kohlensauren Salze ohne Schwierigkeiten entfernt werden. Kühlt man jedoch den Kessel nicht aus, so sintern sie durch die Hitze zu einer harten Masse zusammen. An sich sind also die kohlensauren Erden im Kesselspeisewasser nicht gefährlich, und ein Wasser, welches nur kohlensauren Kalk enthält, oder auch daneben noch kohlensaure Magnesia, könnte man ohne weitere Vorbereitung zum Kesselspeisen benutzen, wenn man nur für die rechtzeitige und sachgemäße Entfernung des Schlammes aus dem Kessel Sorge trägt.

Anders verhält es sich mit dem schwefelsauren Kalk oder dem Gipse. Dieser kann als der gefährlichste Kesselstein bildende Bestandteil des Wassers angesehen werden. Er scheidet sich im Kessel nicht als Pulver oder Schlamm, sondern in harter Schicht ab, er bildet den eigentlichen Kesselstein. Und wenn dann gleichzeitig neben beträchtlichen Mengen Gips noch kohlensaurer Kalk im Wasser vorhanden ist, so werden die ganzen Salze, einschließlich der kohlensauren Erden, in Form einer harten, festsitzenden Kruste abgeschieden.

Es kommt hiernach in erster Linie darauf an, den Gips aus dem Wasser zu entfernen, resp. denselben in eine andere Kalkverbindung von besseren Eigenschaften überzuführen. Dies geschieht mittelst Soda, die den Gips in kohlensauren Kalk verwandelt, dessen relative Harmlosigkeit wir bereits erwähnten.

Der Sodazusatz zum Kesselspeisewasser kann außerhalb oder innerhalb des Kessels erfolgen. Erstere Methode ist an sich vorzuziehen; sie wird jedoch noch wenig geübt, da man hierzu umfangreicher Einrichtungen zum Ausfällen und Entfernen der Erden bedarf.

Wesentliche Dienste leistet aber auch bereits der Sodazusatz zum Kesselspeisewasser im Kessel. Es kommt nur darauf an, die Sodamenge zu ermitteln, die zur vollständigen Entfernung des Gipses notwendig ist. Um hier genau verfahren zu können, wäre es erforderlich, die Zusammensetzung des Wassers auf Grund einer eingehenden Analyse genau zu kennen. Da jedoch das Wasser in seiner Zusammensetzung oft ganz erheblich wechselt, müßte die Untersuchung öfter vorgenommen und der Sodazusatz nach den Befunden der Analyse jedesmal geregelt werden.

Dem Praktiker dürfte jedoch mit der folgenden einfachen Methode zur Berechnung der nötigen Sodamenge in den allermeisten Fällen gedient sein. Sie gründet sich auf die Tatsache, daß 10 g Gips von rund 21 g Soda — gewöhnlicher wasserhaltiger, nicht kalzinierter Soda ($Na_2CO_3 + 10H_2O$) — glattauf zersetzt werden in kohlensauren Kalk und schwefelsaures Natron, beides Salze, die für die Kesselsteinbildung lange nicht die schlimme Bedeutung haben wie der Gips.

Bestimmung der zur Entfernung des Gipses aus dem Kesselspeisewasser nötigen Menge Soda.

Man löst 21 g gewöhnliche Soda in einem Liter destilliertem Wasser auf. Von dieser Sodalösung fügt man zunächst 5 ccm zu einem Liter des Kesselspeisewassers, schüttelt gut durch, entnimmt mittelst einer Pipette etwa 5 ccm der schwach getrübten oder auch klaren Flüssigkeit in ein Reagensgläschen und kocht gut auf. Der kohlensaure Kalk, sowohl der durch die Umsetzung des Gipses mit der Soda erhaltene, als auch der ursprünglich im Wasser gelöste, ebenso die kohlensaure Magnesia, fallen beim Kochen aus. Nun filtriert man blank und fügt zum Filtrate einige Tropfen einer Lösung von oxalsaurem Ammoniak. Entsteht hierdurch noch ein Niederschlag resp. eine weißliche Trübung, so ist noch unzersetzter Gips vorhanden, und die 5 ccm Sodalösung genügten nicht zur vollkommenen Umsetzung des Gipses. Man fügt nunmehr zu dem Liter Kesselspeisewasser weitere 5 ccm der Sodalösung und verfährt, wie oben angegeben. Im Falle einer abermaligen Reaktion mit oxalsaurem Ammoniak fährt man mit dem Sodazusatze so lange fort, bis oxalsaures Ammoniak im Filtrate keinen Niederschlag bezw. keine Trübung mehr erzeugt, das Filtrat also kalkfrei ist. Die jeweilig entnommenen 5 ccm Wasser kann man jedesmal durch frisches Wasser ersetzen, doch hat eine Vernachlässigung, falls die Entnahme nur 2 bis 3mal geschieht, keine Bedeutung.

Angenommen, nach Zusatz von 20 ccm Soda zu einem Liter Kesselspeisewasser sei das Filtrat kalkfrei gewesen, was bei 15 ccm noch nicht der Fall war. Will man nun noch genauer die Sodamenge festlegen, so fügt man der Reihe nach zu einem Liter Wasser 16, 17, 18, 19 usw. ccm Sodalösung, d. h. man gibt zunächst zu einem frischen Liter Wasser 16 ccm Sodalösung, falls diese noch nicht reichen, solange je 1 ccm Sodalösung hinzu, bis die Sodamenge hinreicht, um allen Gips zu zersetzen, d. h. bis das Filtrat mit oxalsaurem Ammoniak keine Trübung mehr ergibt.

Dies sei beispielsweise bei 17 ccm der Fall.

1000 ccm der Sodalösung, enthaltend 21 g Soda, zersetzen 10 g Gips; 17 ccm Sodalösung zersetzen demnach $\frac{10 . 17}{1000}$ g Gips. Diese sind enthalten in einem Liter Wasser, im Hektoliter Wasser sind somit enthalten $\frac{10 . 17 . 100}{1000}$ = 17 g Gips.

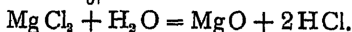
D. h. das Wasser enthält im Hektoliter rund soviel Gramm Gips, als man Kubikzentimeter Sodalösung zum Liter verbraucht hat. Nun erfordern 10 g Gips zur Umsetzung 21 g Soda; 17 g Gips erfordern daher $\frac{21 . 17}{10} = 2{,}1 . 17 = 35{,}7$ g Soda.

Dem vorliegenden Wasser müssen somit auf das Hektoliter rund 36 g Soda zugesetzt werden, um allen Gips umzusetzen.

Allgemein verfährt man also so, daß man zunächst die Kubikzentimeter Sodalösung ermittelt, die einem Liter Wasser zugesetzt werden müssen, um die darin enthaltenen Kalksalze zu zersetzen, und diese mit 2,1 multipliziert: so viel Gramm Soda müssen dem Wasser auf das Hektoliter zugesetzt werden.

Der Gehalt des Wassers an Magnesiaverbindungen hat nur in seltenen Fällen Einfluß auf die vorstehend beschriebene Methode zur Bestimmung der dem Kesselspeisewasser zuzusetzenden Menge Soda. Die Magnesia ist in den allermeisten Fällen im Wasser als kohlensaure Magnesia enthalten, die ebenso, wie der kohlensaure Kalk bereits beim Kochen des Wassers ausfällt.

Wichtiger ist der Gehalt des Wassers an Chlormagnesium. Wenngleich dieses keinen Kesselstein bildet, so hat es doch andere höchst nachteilige Eigenschaften, die seine Entfernung aus dem Kesselspeisewasser höchst erwünscht machen. Es setzt sich nämlich bei dem im Kessel herrschenden Drucke mit dem Wasser zum Teil um in Magnesia und Salzsäure:



$$MgCl_2 + H_2O = MgO + 2HCl.$$

Die Salzsäure zerfrißt die Kesselwände.

Das Chlormagnesium wird ebenfalls durch Soda zersetzt und unschädlich gemacht, da es in kohlensaure Magnesia verwandelt wird. Will man sich von der völligen Zersetzung des Chlormagnesiums überzeugen, so macht man die Probe anstatt, wie eingangs dieses Kapitels erwähnt, mit oxalsaurem Ammoniak, das Magnesiaverbindungen nicht fällt, mit Soda; diese fällt aus Chlormagnesium enthaltenden Wässern kohlensaure Magnesia in Form eines weißen Niederschlages oder einer weißlichen Trübung aus.

Feststellung des dem Kessel täglich zugeführten Speisewassers. Der Zusatz der Soda zum Kessel sollte täglich, nach der Menge des neu zugeführten Speisewassers und dessen Gehalt an Gips vorgenommen werden. Größere Mengen Soda auf einmal dem Kessel zuzusetzen, ist nicht empfehlenswert.

Eine Hauptschwierigkeit liegt nun in der Feststellung des täglich in den Kessel hineinkommenden Wassers. Allgemeine Angaben lassen sich hier kaum machen; bei regelmäßigem Betriebe dürfte man aber auf folgende Weise zum Ziele gelangen:

Zuerst genügt eine rohe Feststellung der Menge des dem Kessel täglich zugeführten Wassers. Man wiegt an einem Tage die Kohlen, die im Kesselhause verbrannt werden, und nimmt an: gute Steinkohle verdampft 7mal soviel Wasser, weniger gute Steinkohle 6mal soviel, böhmische Braunkohle 5mal, anhalter und märkische Braunkohle, auch Torf, 2mal so viel Wasser. Wenn also z. B. täglich 700 kg (14 Zentner) stückige Steinkohle verbrannt werden, so wird angenommen, daß in dem Kessel täglich $700 \times 7 = 4900$ kg oder Liter Wasser verdampft werden.

Hat man nun z. B. gefunden, daß 70 Gramm Soda für 100 l Wasser nötig sind, so kann man, da täglich ungefähr 4900 l dem Kessel zugeführt werden, annehmen, daß täglich $49 \times 70 = 3430$ g, rund 3,4 kg Soda verwendet werden müssen.

Der Zusatz der Soda geschieht nun in der Weise am einfachsten, daß man an das Saugerohr der Speisepumpe einen seitlichen Stutzen mit Hahn anlötet, daran einen Gummischlauch ansetzt und diesen in einen irdenen Topf führt, der die Sodalösung von 3,4 kg enthält.

Wenn man dieses Quantum Soda einige Tage lang dem Kessel beigebracht hat, untersucht man, ob man zu viel oder zu wenig Soda genommen hat. Man öffnet den unteren Probierhahn, läßt zunächst etwas Wasser durchblasen und fängt dann $1/2$ l Kesselwasser auf. In einem Reagensglase, welches mit diesem Wasser gefüllt wird, probiert man mit oxalsaurem Ammoniak, in einem anderen Gläschen mit Chlorkalziumlösung. Entsteht in dem ersten Gläschen eine Trübung, so fehlt Soda, entsteht in dem zweiten eine Trübung, so ist Soda im Überschusse zugesetzt; man führt dementsprechend einige Tage lang dem Kessel etwas mehr ($1/4$ kg) oder weniger Soda zu und kommt auf diese Weise in kurzer Zeit zu dem richtigen Maße, welches dann nur noch etwa alle Monat einmal in derselben Weise geprüft wird.

Es kommt nun noch darauf an, den Schlamm aus dem Kessel zu entfernen, der durch den ausgefällten kohlensauren Kalk entsteht. Dazu öffnet man täglich den Ablaßhahn am Kessel vor Beginn des Betriebes so lange, bis das Wasser etwa zur halben Höhe des Wasserstandsglases ausgeblasen ist, oder man schafft einen Schlammsammler an, der täglich einmal ausgeblasen wird, oder einen Schlammfänger, der es gestattet, den Schlamm durch einen am unteren Ende des Kessels angebrachten Hahn zu entfernen.

Das beste ist, man reinigt das Wasser, ehe es in den Kessel kommt, so daß der Schlamm außen bleibt. Hierzu gibt es sehr brauchbare Apparate. Man kann sich auch selbst einen Apparat aus zwei Petroleumtonnen bauen, die mit Kies gefüllt, einen brauchbaren Filter bilden. Unten werden dieselben durch ein Glasrohr verbunden, und man läßt das Wasser, dem die nötige Sodamenge beigegeben ist, langsam durch die nebeneinander stehenden Tonnen in das Speisegefäß laufen, aus dem die Speisepumpe das gereinigte Wasser entnimmt.

Die Reagenzien zur Wasseruntersuchung.

1. Neßlersches Reagens.

Man löst 8,5 g Quecksilberchlorid in ungefähr 150 ccm destilliertem Wasser unter Kochen auf; ferner löst man 17,5 g Jodkalium in 50 ccm kaltem destilliertem Wasser, gibt die Quecksilberchloridlösung unter stetem Umrühren zur Jodkaliumlösung, bis ein geringer Teil des sich bildenden roten Niederschlages ungelöst bleibt. Dann löst man 60 g Kalihydrat in ungefähr 100 ccm destilliertem Wasser, gießt diese Lösung zur Mischung der Lösungen von Quecksilberchlorid und Jodkalium und füllt mit destilliertem Wasser nicht ganz zu einem Liter auf. Hierauf fügt man noch etwas Quecksilberchloridlösung hinzu, bis sich wieder ein bleibender roter Niederschlag bildet, füllt mit destilliertem

Wasser zu einem Liter auf, läßt absitzen und gießt die klare Flüssigkeit zum Gebrauche ab.

Das Neßlersche Reagens wird zweckmäßig in braunen Flaschen aufbewahrt.

2. Alkalische Chamäleonlösung.

Man löst 100 g Kalihydrat und 8 g reines übermangansaures Kali in 1100 ccm Wasser, kocht die Lösung rasch bis auf etwa 1 l ein, kühlt ab und bewahrt sie in einer gut schließenden Flasche auf.

3. Salmiaklösung zur Ammonikbestimmung.

Man löst 3,15 g reines, trocknes Chlorammonium (Salmiak) in destilliertem Wasser, füllt das Gelöste mit destilliertem Wasser zu einem Liter auf und verdünnt diese Lösung aufs Hundertfache, also 10 ccm zu einem Liter. Ein Kubikzentimeter dieser Lösung enthält nunmehr 0,01 mg Ammoniak (NH_3).

4. Soda-Natronlösung zur Ausfällung der Erden vor der Ammoniakprüfung.

Man löst 4 g Natronhydrat und 14,3 g kristallisierte Soda in 100 ccm Wasser und filtriert die Lösung.

5. Lösung von salpetrigsaurem Silber zur Bestimmung der salpetrigen Säure.

0,406 g reines salpetrigsaures Silber werden in heißem Wasser gelöst; die Lösung wird so lange mit Kochsalzlösung versetzt, als noch ein Niederschlag entsteht. Das Ganze füllt man mit destilliertem Wasser zu einem Liter auf. Hat sich der Niederschlag vollständig gesetzt, so werden 100 ccm der Lösung abpipettiert und zu einem Liter mit destilliertem Wasser aufgefüllt. 1 ccm dieser Lösung enthält 0,01 mg salpetrige Säure (N_2O_3).

6. Indigolösung zur Bestimmung der Salpetersäure im Wasser.

Man trägt 18 Teile fein geriebenes käufliches Indigotin in kleinen Portionen in 160 Teile konzentrierte Schwefelsäure ein, wobei sich die Säure tiefblau färbt. Das Mischgefäß wird vorsichtshalber durch Einstellen in kaltes Wasser vor zu starker Erhitzung geschützt. Man erhält auf diese Weise eine konzentrierte Indigolösung, die mit destilliertem Wasser auf 2 l verdünnt wird. Bei großer Verdünnung der Indigolösung, wie man sie beim eigentlichen Versuche anwenden muß, verändert sie sich beim längeren Stehen. Die Lösung muß daher in konzentrierter Form aufbewahrt und erst bei Vornahme der Salpetersäurebestimmung entsprechend verdünnt werden.

Bei Anstellung des Versuches verdünnt man die Indigolösung mit destilliertem Wasser aufs 10fache. Es entsprechen dann ungefähr 15 ccm der Lösung 0,001 g Salpetersäure (N_2O_5).

7. Salpeterlösung zur Einstellung der Indigolösung bei der Bestimmung der Salpetersäure im Wasser.

Zur Prüfung der Indigolösung benutzt man eine Salpeterlösung welche in 50 ccm 1 mg Salpetersäure (N_2O_5) enthält. Man stellt diese her, indem man 1,871 g reinen, trocknen Salpeter mit destilliertem Wasser zu einem Liter löst und von dieser Lösung 20 ccm mit destilliertem Wasser auf einen Liter verdünnt.

8. $\frac{N}{10}$-Chlorbariumlösung.

Man löst 24,386 g reines, trockenes Chlorbarium ($BaCl_2 + 2H_2O$) mit destilliertem Wasser zu einem Liter.

9. $\frac{N}{10}$-Chromsaure Kalilösung.

Man löst 19,451 g reines, neutrales chromsaures Kali (K_2CrO_4) mit destilliertem Wasser zu einem Liter.

10. $\frac{N}{10}$ Arsenige Säurelösung.

Man löst 4,95 g chemisch reine, arsenige Säure (As_2O_3) in etwa 200 ccm, mit reiner Natronlauge alkalisch gemachtem destilliertem Wasser in der Wärme und unter Umrühren auf, kühlt die Lösung ab, macht sie mit Schwefelsäure ganz schwach sauer, gibt sie dann in einen Literkolben, spült das Becherglas mehreremale mit destilliertem Wasser nach und füllt dann den Literkolben mit destilliertem Wasser genau bis zur Marke auf.

11. $\frac{N}{10}$-Jodlösung.

Man löst 12,7 g fein zerriebenes Jod und 25 g Jodkalium in einem Literkolben in der Kälte und unter öfterem Umschwenken in etwa 500 ccm destilliertem Wasser auf und füllt die Lösung mit destilliertem Wasser zu einem Liter auf.

12. $\frac{N}{100}$-Silberlösung.

Man löst genau 1,7 g reines salpetersaures Silberoxyd in destilliertem Wasser und füllt die Lösung mit destilliertem Wasser zu einem Liter auf. Die Silberlösung ist in rauchbrauner, oder mit schwarzem Papier umklebter Flasche aufzubewahren.

13. $\frac{N}{100}$-Kochsalzlösung.

Man erhitzt in einer Porzellanschale bei aufgelegtem Deckel reines, kristallisiertes Kochsalz, bis die Kristalle nicht mehr knistern, läßt im Exsikkator erkalten und löst 0,585 g des Salzes zum Liter.

14. $\frac{N}{10}$-Oxalsäurelösung.

Man löst 6,3 g reine, feinkristallisierte, trockene Oxalsäure im Literkolben mit destilliertem Wasser und füllt die Lösung mit destilliertem Wasser zum Liter auf.

15. $\frac{N}{10}$-Chamäleonlösung.

Man löst 3,3 g reines Chamäleon (übermangansaures Kali) in der Kälte mit reinem destilliertem Wasser auf und füllt die Lösung mit destilliertem Wasser zu einem Liter auf.

16. $\frac{N}{100}$-Oxalsäurelösung.

Man verdünnt 100 ccm der $\frac{N}{10}$-Lösung mit destilliertem Wasser zum Liter, oder löst 0,63 g reine Oxalsäure zum Liter in destilliertem Wasser auf.

17. $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure.

Man verdünnt 3,50 ccm reine konzentrierte Schwefelsäure mit destilliertem Wasser auf einen Liter.

Die genaue Stärke dieser Lösung wird alsdann in folgender Weise bestimmt: Man titriert 10 ccm der verdünnten Säure mit der unter 19. bereiteten $\frac{N}{10}$-Natronlauge. Es werden z. B. zur Neutralisation der Schwefelsäure 12,2 ccm der Lauge verbraucht; es verhält sich also:

$$10 : 12{,}2 = x : 1000$$
$$x = 819{,}5,$$

d. h. es müssen 819,5 ccm der Säure zu 1 l mit destilliertem Wasser verdünnt werden.

1 ccm $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure entspricht 0,0022 g Kohlensäure,

1 ccm $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure entspricht 0,0017 g Ammoniak,

1 ccm $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure entspricht 0,0014 g Stickstoff.

1 ccm $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure entspricht 0,0039 g Natronlauge.

18. $\frac{N}{20}$-Schwefelsäure.

Man verdünnt die unter Nr. 17 dargestellte $\frac{N}{10}$-Schwefelsäure aufs Doppelte mit destilliertem Wasser (z. B. 250 ccm auf 500 ccm).

19. $\frac{N}{10}$-Natronlauge.

Man löst 4,5—5 g reines, trockenes Natronhydrat zu etwa 1 l auf.

Zur genauen Einstellung der $\frac{N}{10}$-Natronlauge bedient man sich einer frisch bereiteten Lösung von $\frac{N}{10}$-Oxalsäure. Diese stellt man her durch Auflösen von genau 6,3 g fein kristallisierter, trockener, d. h. chemisch reiner Oxalsäure zu 1 l Lösung.

Von der Natronlauge titriert man nun 10 ccm mittelst der $\frac{N}{10}$-Oxalsäure und verdünnt nach dem Oxalsäureverbrauche die Lauge. Es seien z. B. zur Neutralisation der 10 ccm Natronlauge 11,3 ccm Oxalsäurelösung verbraucht worden, so verhält sich: $10 : 11{,}3 = x : 1000$

$$x = 884{,}95$$

Es müssen also 884,95 ccm der Lauge zu 1 Liter verdünnt werden.

1 ccm dieser Lauge neutralisiert 0,009 g Milchsäure
1 ccm „ „ „ 0,006 g Essigsäure.
1 ccm „ „ „ 0,004 g Schwefelsäure.

20. $\frac{N}{20}$-Natronlauge.

Man verdünnt die $\frac{N}{10}$-Lauge (siehe deren Bereitung unter Nr. 19) mit destilliertem Wasser aufs Doppelte (z. B. 250 ccm auf 500 ccm).

21. $\frac{N}{10}$-Sodalösung.

Reines, doppeltkohlensaures Natron wird in einem geräumigen bedeckten Porzellantiegel bei ganz schwacher Rotglut erhitzt, bis keine Gewichtsabnahme mehr erfolgt, was man durch öfteres Erkaltenlassen im Exsikkator und Wägen des Tiegels mit Inhalt feststellt.

Von dem auf diese Weise erhaltenen kohlensauren Natron (Soda) wägt man genau 5,3 g auf der feinen Wage ab, löst sie in destilliertem Wasser auf und verdünnt die Lösung mit destilliertem Wasser auf genau 1 l.

22. Seifenlösung zur Bestimmung der Härte im Wasser.

Man gibt in einen etwa 1 l fassenden Kolben genau 30 ccm Olivenöl, 10 ccm 36grädige Natronlauge und 10 ccm 96prozentigen Alkohol und erhitzt das Gemisch einige Minuten auf dem Wasserbade bis zur Verseifung. Alsdann fügt man 800 bis 900 ccm Alkohol von 60% hinzu, schüttelt einige Minuten zur Lösung der Seife, filtriert in einen Litertolben und füllt nach dem Erkalten mit 60prozent. Alkohol bis zur Marke auf. Der sich bildende Bodensatz ist gering und ohne Einfluß auf den Titer.

Titerstellung der Seifenlösung. Die Seifenlösung wird auf eine Chlorbariumlösung von bekanntem Gehalte eingestellt. Man löst 0,523 g Chlorbariumlösung zu 1 l auf. 100 ccm dieser Lösung werden so lange mit der Seifenlösung versetzt, bis nach kräftigem Schütteln ein zarter, dichter, 5 Minuten stehen bleibender Schaum entsteht. Nach dem Ergebnis dieses Versuches wird die Seifenlösung mit 60 prozent. Alkohol so lange verdünnt, bis genau 45 ccm Seifenlösung auf 100 ccm Chlorbariumlösung zur Schaumbildung erforderlich sind. Wurden z. B. nur 42,3 ccm der Seifenlösung verbraucht, so müssen nach der Gleichung $42{,}3 : 45 = x : 1000$

$$x = 940$$

940 ccm der Seifenlösung zu 1 l mit 60 prozent. Alkohol verdünnt werden. 45 ccm dieser Seifenlösung entsprechen dann 0,012 g Kalk (CaO) oder 12 Härtegraden.

23. 20 prozent. Schwefelsäure.

Man gießt in einen zur Hälfte mit kaltem destilliertem Wasser gefüllten 500 ccm-Kolben unter Umschwenken vorsichtig 100 ccm konzentrierte Schwefelsäure und füllt nach dem Erkalten mit destilliertem Wasser auf 500 ccm auf.

24. Kalt gesättigte Lösung von doppeltkohlensaurem Natron.

Man übergießt doppeltkohlensaures Natron mit kaltem destilliertem Wasser, schüttelt öfter um und trägt dafür Sorge, daß stets ungelöstes Salz vorhanden ist.

25. Lakmustinktur und Lakmuspapier.

Am zweckmäßigsten löst man käufliches, reines Azolithmin (gereinigter Lakmusfarbstoff) in Wasser zu einer dunkelrotvioletten Lösung.

Für Herstellung von Lakmuspapier zieht man feinstes Schreibpapier durch die Lösung und trocknet die Papierstreifen.

Die Untersuchung des Feuerungsmaterials.[1])

Der Wert des Feuerungsmaterials (Kohle) wird bedingt durch dessen Heizwert. Die Heizwertbestimmung erfolgt am genauesten in der sogenannten kalorimetrischen Bombe, einer starken Stahlflasche, in welcher eine genau gewogene Menge feinst pulverisierten Brennstoffes durch elektrische Zündung bei Gegenwart eines starken Sauerstoffüberdruckes zum Verbrennen gebracht wird. Der ganze Apparat steht während des Versuchs in einer gewogenen Menge Wasser von bekannter Temperatur. Aus der beobachteten Temperatursteigerung des Wassers infolge der Verbrennung der Kohle läßt sich der Heizwert derselben genau berechnen.

Außer dieser allerdings sehr kostspieligen Methode kann jedoch auch auf einfachere Weise, durch Bestimmung des Wassergehaltes und der Asche, der ungefähre Wert einer Kohle ermittelt werden. Bezeichnet man den Wassergehalt der Kohle mit a, den Aschengehalt mit b, so berechnet sich der Reinkohlegehalt zu $100 - (a + b)$. Aus dem Reinkohlegehalt und dem Reinkohleheizwert einer

[1]) W. Windisch, Das chem. Labor. d. Brauers. Berlin, Paul Parey, 1906.

Kohle kann man den ungefähren Heizwert der Kohle bestimmen, indem man den Prozentgehalt an Reinkohle mit dem Reinkohleheizwert multipliziert und durch 100 dividiert. Da der Reinkohleheizwert bei Kohlen gleicher Herkunft annähernd gleich ist, so muß man die Herkunft der Kohle kennen. Da aber der Reinkohleheizwert sich bezieht auf Kohlensäure und flüssiges Wasser als Verbrennungsprodukte, in der Feuerung aber das entstandene Wasser dampfförmig mit den Verbrennungsgasen fortgeht und damit eine gewisse Menge Wärme, die sogenannte Verdampfungswärme entführt, so muß der Heizwert um diese gekürzt werden. Die Verdampfungswärme beträgt für 1 kg Wasser 600 Wärmeeinheiten (W.-E.). Bei Steinkohle z. B. beträgt die Menge des Verbrennungswassers für 1 kg rund 0,45—0,46 kg, entsprechend einer Verdampfungswärme von 275 W.-E. Um diese Wärmemenge ist also der gefundene Heizwert zu verringern. Hat z. B. eine Kohle einen Reinkohleheizwert von 8100 W.-E. (schlesische Steinkohle)[1] und wurden in derselben 2,49 % Wasser und 9,43 % Asche gefunden, so beträgt der Reinkohlegehalt $100 - (2,49 + 9,43) = 88,08\%$. Der theoretische Heizwert wäre demnach $\frac{88,08 \,.\, 8100}{100} = 7134$ W.-E. Hiervon die Verbrennungswärme 275 abgezogen, ergibt den Heizwert der Kohle = 6859 W.-E. Außer auf kalorimetrischem Wege läßt sich der Reinkohleheizwert auch auf rein analytischem Wege ziemlich genau bestimmen, indem man eine Elementaranalyse des Brennstoffes ausführt. Die Kohle besteht chemisch aus Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N) und Schwefel (S), Wasser (H_2O) und Asche. Der Heizwert der Kohle setzt sich aus den Einzelheizwerten dieser Bestandteile zusammen, Stickstoff und Asche sind ohne Einfluß, da sie in keiner Weise an der Verbrennung teilnehmen. Bedeuten die oben genannten Buchstaben den Prozentgehalt der Kohle an den betreffenden Stoffen, so berechnet sich ihr Heizwert nach der folgenden Formel (sogenannten Verbandsformel):

$$81 \,.\, C + 290 \left(H - \frac{O}{S}\right) + 25\, S - H_2O.$$

Ist z. B. analytisch folgende Zusammensetzung einer Steinkohle ermittelt:

C = 73,02 %
H = 4,92 „
O = 9,96 „
S = 0,99 „
H_2O = 2,87 „
N = 1,07 „
Asche = 7,17 „

so berechnet sich der Heizwert der Kohle wie folgt:

$$81 \,.\, 73,02 + 290 \,.\, \left(4,92 - \frac{9,96}{8}\right) + 25 \,.\, 0,99 - 6 \,.\, 2,87 = 6987 \text{ W.-E.}$$

[1]) Westfälische Steinkohle 8500 W.-E., Braunkohlen haben jedoch einen sehr stark wechselnden Reinkohleheizwert, nur bei Braunkohlen aus dem Lausitzer Becken ist der Reinkohleheizwert ziemlich gleich nämlich 6230 W.-E. Bei dieser beträgt der Abzug für Verbrennungswasser 320 W.-E.

Diese letzte Art der Heizwertbestimmung findet Anwendung bei ständigen Kontrollen und bei vergleichenden Untersuchungen verschiedener Kohlenproben. Bei Heizwertbestimmungen, bei denen es sich um Abnahme von Dampfkesseln, Feuerungsanlagen usw. handelt, ist die kalorimetrische Heizwertbestimmung unumgänglich notwendig. Für die Beurteilung der Kohle in der Praxis genügt eine Wasser- und Aschebestimmung, aus denen sich die Reinkohlebestimmung ergibt.

Die Probenahme.

Je nachdem, ob es sich um einen lagernden Kohlenhaufen, um Kohlenanlieferung oder um Verdampfungsversuche handelt, hat die Probenahme zu geschehen. Im ersten Falle entnimmt man an den verschiedensten Stellen der Oberfläche und den verschiedenen Tiefen schaufelweise Proben und vereinigt diese auf einen Haufen. Größere Stücke werden mittelst Hammer zerkleinert, die ganze Menge gut gemischt, auf einer trockenen ebenen Fläche quadratisch ausgebreitet und in vier Teile geteilt. Zwei einander gegenüberliegende Teile werden fortgenommen und wieder zum großen Haufen gegeben, die beiden anderen werden weiter zerkleinert, gemischt, wieder wie oben ausgebreitet und geteilt. In dieser Weise wird fortgefahren, bis eine Probemenge von etwa 5—10 kg übrig bleibt, welche zur Untersuchung gelangt.

Bei Probenahme aus Kohlenanlieferungen entnimmt man jeder Fuhre ebenfalls von verschiedenen Stellen, die Proben und verfährt wie oben. Bei Verdampfungsversuchen entnimmt man jeder Karre, Korb oder dergl. eine Probe und verfährt ebenfalls wie oben.

Werden die Proben zwecks Untersuchung verschickt, so bedient man sich als Verpackung dicht schließender großer Blechbüchsen oder Flaschen mit gut schließendem Stopfen.

Die Pulverisierung der Probe.

Vor der Untersuchung ist die Kohle fein zu pulvern. Feuchte Kohle ist vor der Zerkleinerung lufttrocken zu machen. Die Zerkleinerung wird am bequemsten durch eine Kugelmühle mit Stahlkugeln bewirkt. Das Stahlgut wird in die Trommel gefüllt, die Mühle in Bewegung gesetzt und solange laufen gelassen, bis eine entnommene Probe zwischen den Fingern keine fühlbaren Stücke mehr erkennen läßt.

Die Wasserbestimmung.

a) **Grobe Feuchtigkeit.** Das Naßanfühlen einer Kohle, die äußerlich anhaftende Feuchtigkeit bezeichnet man als grobe Feuchtigkeit, Kohle ohne grobe Feuchtigkeit nennt man lufttrockene. Kohle mit grober Feuchtigkeit wird genau gewogen, an einem staubfreien Ort in dünner Schicht auf einem großen Bogen Papier ausgebreitet und einige Tage (2—3) liegen gelassen, bis sie sich nicht mehr feucht anfühlt. Dann wägt man die Probe zurück; der Gewichtsverlust ist die grobe Feuchtigkeit.

Berechnung: Eine feuchte Steinkohle wog 5,678 kg, nach zweitägigem Liegen wog sie nur noch 5,531 kg. Der Gewichtsverlust (grobe Feuchtigkeit) beträgt also 5,678 — 5,531 = 0,147 kg, oder in Prozenten $\frac{0,147 \cdot 100}{5,678} = 2,597\,\%$.

b) **Hygroskopisches Wasser.** Das hygroskopische Wasser ist diejenige Wassermenge, welche erst durch längeres Erhitzen auf höhere Temperatur entfernt werden kann.

Zur Wasserbestimmung wird ca. 1 g feingepulverte Kohle im Wägeglas genau abgewogen, bei 105° C. zwei Stunden getrocknet und nach dem Erkalten im Exsikkator wieder gewogen. Da bei Braunkohlen schon bei 105° sich eine geringe Oxydation des gepulverten Materials durch den Luftsauerstoff bemerkbar machen kann, so läßt man in solchen Fällen einen langsamen Strom trockener Kohlensäure während des Trocknens durch den Trockenschrank streichen. Der besseren Genauigkeit halber ist es zweckmäßig, von jeder Kohlenprobe zwei Wasserbestimmungen vorzunehmen.

Berechnung: Trockengefäß mit Kohle = 27,7431 g
" leer = 26,5985 "
Kohle = 1,1446 g.

Nach zweistündigem Erhitzen wog
das Trockengefäß mit Kohle = 27,7068 g.

Der Trockenverlust (hygroskopisches Wasser) = 0,0363 g = $\frac{0,0363 \cdot 100}{1,1446}$ = 3,17 %.

Hatte die Kohle 2,59 % grobe Feuchtigkeit enthalten, dann setzt sich die ursprünglich feuchte Kohle zusammen aus

2,59 % grober Feuchtigkeit (Wasser)
+ 97,41 " lufttrockene Kohle
100,00 % ursprüngliche Kohle.

In der lufttrockenen Kohle wurden 3,17 % hygroskopisches Wasser ermittelt. Daraus folgt, daß in der ursprünglichen Kohle $\frac{3,17 \cdot 97,41}{100}$ = 3,09 % hygroskopisches Wasser enthalten waren.

Dazu kommen noch 2,59 % grobe Feuchtigkeit,

Mithin betrug der Gesamtwassergehalt 5,68 % in der ursprünglichen Kohle.

Bei Steinkohlen gibt der Gehalt an hygroskopischem Wasser einen Anhalt für die Herkunft der Kohlen. Westfälische Kohlen zeigen im allgemeinen einen sehr niedrigen Wassergehalt, oft unter 1 %, selten über 2—3 % steigend. Saarkohlen und schlesische Kohlen können bis 5 % und darüber Wasser enthalten, ohne sich feucht anzufühlen, am wasserreichsten sind nordenglische und schottische Kohlen, in denen bis zu 15 % Wasser gefunden wurden, ohne daß die Kohlen grobe Feuchtigkeit enthalten hätten.

Die Aschebestimmung.

0,9—1 g feingepulverte Kohle werden in einem Porzellan- oder besser noch Platintiegel genau abgewogen. Durch vorsichtiges Erhitzen des Tiegels auf einem Drahtdreieck mit dem Bunsenbrenner bringt man die Kohle zum Brennen; nachdem die Entwicklung brennbarer Gase vollendet ist, kann man mit größerer Flamme weiter erhitzen, bis die Asche völlig durchgebrannt, d. h. frei von unverbrannter Kohle, erscheint und alle teerigen und kohligen Ansätze an den Tiegelwandungen verbrannt sind. Zweckmäßig ist es, das abgewogene Kohlenpulver mit einigen Tropfen Alkohol anzufeuchten und dann anzuzünden, dabei bäckt das Pulver etwas zusammen, so daß nicht so leicht Verluste dadurch zu befürchten sind, daß bei der bisweilen stark einsetzenden Entwicklung brennbarer Gase Kohleteilchen aus dem Tiegel geschleudert werden.

Berechnung: Tiegel und Steinkohle . . = 21,6133 g
Tiegel leer . . . . = 21,0097 „
Kohle = 0,6036 g.
Nach dem Glühen wog der Tiegel mit Asche = 21,0471 g
Tiegel leer = 21,0097 „

Mithin 0,6036 g Kohle hinterlassen Asche . = 0,0374 g $= \frac{0{,}0374 \cdot 100}{0{,}6036}$ $= 6{,}20\,\%$.

Hatte die Kohle grobe Feuchtigkeit enthalten, so muß der gefundene Aschengehalt auf die ursprüngliche, feuchte Kohle umgerechnet werden; z. B. in der lufttrockenen Kohle wurden 8,35% Asche gefunden, die Kohle hatte 4,53% grobe Feuchtigkeit. Dann setzt sich die ursprüngliche Kohle zusammen aus:

4,53% grobe Feuchtigkeit,
+ 95,47 „ lufttrockener Kohle
100,00%.

Da die lufttrockene Kohle in 100 Teilen 8,35 Teile Asche enthält, so sind in 95,47 Teilen $= \frac{8{,}35 \cdot 95{,}47}{100} = 7{,}97$ Teile Asche enthalten, die ursprüngliche, feuchte Kohle enthielt demnach 7,97% Asche.

Die Reinkohlebestimmung.

Der Reinkohlegehalt (Gehalt an brennbarer Substanz) berechnet sich aus 100 — (Wasser + Asche). Bei Kohlen mit grober Feuchtigkeit ist der Reinkohlegehalt ebenso wie der Gehalt an Wasser und Asche auf die ursprüngliche, feuchte Kohle zu berechnen.

Berechnung: a) Steinkohle
Wasser . . . . . . = 3,76%
Asche . . . . = 7,10 „
Mithin Reinkohle = 89,14%.

b) Braunkohle mit 12,78 % grober Feuchtigkeit

	in lufttrockenem Zustand %	im ursprünglichen feuchten Zustand %
Wasser	40,14	47,79
Asche	8,22	7,17
Reinkohle	51,64	45,04.

Die Untersuchung der Drahtgaze.

Die Siebe (Schüttel-, Zylindersiebe) bestehen teils aus Seidengaze, teils aus Drahtgaze (Messing-, Phosphorbronzedraht). Die Hauptbestandteile der Drahtgaze sind Blei, Kupfer und Zink. Der wichtigste Bestandteil ist Kupfer; je mehr Kupfer in der Drahtgaze, dem Messingdraht, vorhanden ist, um so geschmeidiger sind die Fäden, je zinkreicher der Messingdraht ist, um so leichter brüchig ist er. Im großen und ganzen besteht Messing neben geringen Bleimengen aus ca. 65 % Kupfer und 35 % Zink. Saare untersuchte 24 Proben Drahtgaze und fand im Mittel 0,34 % Bleigehalt und zwischen 66,2—73,9 % Kupfergehalt.

Die Untersuchung der Drahtgaze erstreckt sich auf den Blei- und Kupfergehalt derselben in dem 1 g in Salpetersäure gelöst mit Schwefelsäure eingetrocknet, das Bleisulfat abfiltriert und in der Lösung das Kupfer galvanisch gefällt wird.

Die Bestimmung von Blei und Kupfer in Drahtgaze.

1 g Messinggaze wird in einer kleinen Porzellanschale mit einem Uhrglas bedeckt und von der Dülle aus werden schnell 15 ccm Salpetersäure (36° Bé = 50 %) zugelassen. Wenn die Auflösung beendet ist, werden 1,5 ccm konzentr. Schwefelsäure zugefügt und im Wasserbade bis zur Verjagung der Salpetersäure eingedampft; dann wird unter Umrühren mit 30 ccm Wasser warm gelöst und 2 Stunden abgekühlt. Das ausgeschiedene Bleisulfat wird durch ein kleines Filter abfiltriert und mit schwach mit Schwefelsäure angesäuertem Wasser gewaschen. Filtriert wird in eine gewogene Platinschale. Dem Filtrat werden 5 ccm konzent. Schwefelsäure und 0,5 ccm Salpetersäure zugefügt, umgerührt und mit aufgedeckter Glasschale über Nacht (18 Stunden) elektrolysiert. (6 Meidinger-Elemente, auf jedes 50 g Magnesiumsulfat und zusammen etwa 15 kg Kupfervitriol; Zinkpol-Schale, Kupferpol-Draht.) Am andern Tage wird die Flüssigkeit vom Glasdeckel abgespült und nach dem Umrühren noch 1 Stunde elektrolysiert. Es darf dann am Rande der über dem Kupferbelag stehenden Flüssigkeit ein roter Belag sich nicht mehr bilden. Die zinkhaltige Lösung wird abgegossen und auf Eisen geprüft. Das Kupfer in der Platinschale wird schnell abgespritzt, mit Alkohol nachgewaschen und sogleich auf dem Wasserbade getrocknet ausgewogen.

Der Bleiniederschlag wird verascht, mit einem Tropfen konzent. Schwefelsäure abgeraucht und gewogen. Das Gewicht mit 0,6832 multipliziert gibt die Menge Blei an.

Die Kartoffelstärke.

A. Das Rohmaterial, die Kartoffel.

Herkunft und Arten der Kartoffel.

Die Kartoffel (Solanum tuberosum oder esculentum)[1]) stammt aus Amerika, wo sie zuerst auf den Hochebenen Perus als Nahrungsmittel angebaut und auch durch Erfrierenlassen und Austrocknen an der scharfen Hochgebirgsluft konserviert wurde.

Sie nahm dann über Mexiko ihren Weg nach Nordamerika, wo sie aber bisher nicht in dem Maße angebaut wird, wie in Europa.

Nach diesem Erdteil, und zwar zuerst nach Spanien, gelangte sie aus Peru in den Jahren 1560—1570, aus Virginien brachte sie Walter Raleigh nach Irland und erst 1585 Franz Drake nach England. Auf Veranlassung des letzteren wurden die Kartoffeln in England allgemein angebaut und verbreiteten sich von England über die Niederlande, Frankreich und schließlich auch Deutschland. Doch wurden sie nur in Gärten gezogen und noch 1616 als Seltenheit an der königlichen Tafel zu Paril genossen. 1625 kamen sie nach Baden. Nach Österreich wurden sie zuerst durch Clusius 1628 eingeführt und dort Grübling genannt; 1647 kamen sie durch Hans Rogler nach dem Voigtlande, 1650 nach Hessen. Nach dem dreißigjährigen Kriege verbreiteten sie sich über ganz Deutschland und wurden 1708 in Mecklenburg, 1710 in Württemberg, 1720 in Preußen zuerst kultiviert. Von Norddeutschland wurden sie nach Schweden, Finnland und Dänemark, von Süddeutschland nach der Schweiz eingeführt. Erst nach der Hungersnot des Jahres 1745 gelangten die Kartoffeln infolge der damals herrschenden Teuerung und durch das tatkräftige Vorgehen Friedrichs des Großen zur eigentlichen Geltung in Deutschland. Seit dieser Zeit nahm der Kartoffel-

[1]) Deutsch auch Erdapfel, Erdbirne, Erdtofel, Grundbirne genannt —, französisch pomme de terre, — englisch potato, — schwedisch potäter, jordpäron, — dänisch Kartoffel, — polnisch Ziemniak, — russisch Картофель, — kassubisch bulwa, — böhmisch brambor, zemče, — ungarisch Krumpli, Kolompór, burgonya, pityoka, — finnisch maaomena.

anbau in Deutschland ständig zu, so daß er im Jahre 1901 schon 3318832 ha Land umfaßte und 487 Millionen Doppelzentner Kartoffeln hervorbrachte.

Die Kartoffelknollen sind nicht, wie vielfach angenommen wird, Wurzeln der Kartoffelpflanze und üben auch nicht die Tätigkeit von Wurzeln aus, sondern es sind unterirdische Sprosse mit angeschwollener Achse und Blattschuppen, mit deren Hilfe die Pflanze zu überwintern im stande ist. Sie werden von der Kartoffelpflanze gebildet, nachdem diese einige Zeit über der Erde kräftiges Laub und eine Staude gebildet hat, als knollenförmige Anschwellungen am Ende unterirdischer Triebe, sogenannter Ausläufer (Stolones).

Die „Augen" der Knolle sind Vertiefungen, welche die Achselknospen bergen. Diese treiben im kommenden Jahre aus und bewirken so die Weitervermehrung der Pflanze.

Bevor die Pflanze an die Oberfläche des Bodens durchbricht, dienen die in der Knolle aufgespeicherten Reservestoffe, besonders die Stärke, als Grundstoffe für den Aufbau neuer Zellen.

Die Stärke entsteht nicht in der Knolle, sondern, wie bei allen grünen Pflanzen, in den Blättern, wo sie bald nach der Bildung wieder durch diastatische Enzyme gelöst und in Form von Zuckersäften über die ganze Pflanze hin verteilt und namentlich auch den Reservestoffbehältern, den Knollen, zugeführt wird, wo Rückbildung in Stärke stattfindet.

Die Stärkebildung wird begünstigt durch lebhafte Lichtwirkung, Wärme und Blätterreichtum. Sie geht vor sich in den grünen Teilen der Pflanze und sie hört auf, sobald diese abwelken. Dann wandert alle noch in diesen vorhandene Stärke der Knolle zu. Es kann also auch noch, wenn das Laub abgestorben ist, eine Stärkezunahme in der Knolle stattfinden.

Die Kartoffel bildet eine große Reihe von Spielarten oder Varietäten, welche teilweise durch ihre äußeren Eigenschaften in der Blüte und den Blättern der oberirdischen Pflanze, durch die Gestalt und Größe der Knolle, Lage und Form der Augen, Farbe und Beschaffenheit der Schale oder des Mehlkörpers und teilweise durch die inneren Eigenschaften, wie Stärkegehalt, Zuckergehalt, Haltbarkeit der Knolle, ferner durch die Wachstumsdauer, Reifezeit, den Ertragsreichtum, die Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten usw. unterschieden sind.

Nach Hahn (Blätter für Gersten-, Hopfen- und Kartoffelbau 1899, 185) gab es in Peru sogar eine Abart der Kartoffel, welche vom Kraut bis zu den Knollen tief dunkelblau gefärbt war und auch zum Färben von Wolle gebraucht wurde.

Für den Stärkefabrikanten ist der wichtigste Bestandteil der Kartoffel das Stärkemehl. Für ihn ist es nicht gleichgültig, ob er stärkearme oder stärkereiche Kartoffeln in die Stärkefabrik einführt; und da er in Deutschland vorwiegend selbst Kartoffelbauer ist, ob er diese oder jene baut und erntet. Sind schon die Unkosten bei einer großen Ernte stärkearmer Kartoffeln höher als bei einer kleineren Menge stärkereicher, die gleiche Gesamt-Stärkemenge wie jene liefernder Kartoffeln, so wachsen außerdem die Zeitdauer und die Arbeitsunkosten

bei Verarbeitung stärkearmer Kartoffeln zu der gleichen Menge Stärke wie aus stärkereichen.

Es ist daher die Erzeugung stärkereicher Spielarten der Kartoffeln für die Stärkefabrik von großer Bedeutung.

Der Anbau der Kartoffel steht nun zur Zeit im Zeichen der ausgedehntesten Prüfungen neuer Sorten.

Wenngleich die Tatsache des Entartens der alten Sorten von der einen oder anderen Seite noch bestritten wird, und man mit diesem Widerspruch für gewisse Verhältnisse wohl recht haben mag, scheint es so, als ob die alten Kartoffelsorten sich überlebt haben, teils der Krankheit leichter zum Opfer fallen, teils aber auch unter normalen Verhältnissen weder so hohe Stärkemengen ausbilden, als dieses früher der Fall war, noch auch befriedigende Erträge geben. Einzelne Sorten bewahren allerdings ihren Ertrag und Stärkegehalt sehr lange. Die Richtersche Imperator-Kartoffel wird z. B. bei den Anbau-Versuchen der Deutschen Kartoffelkultur-Station schon seit 15 Jahren mit fast gleich bleibendem Ergebnis als Standardsorte angebaut. Bei anderen Sorten ist dies aber anders; sie verlieren schnell ihren Wert.

Unsere Kartoffelzüchter, wie Richter-Zwickau, Paulsen-Nassengrund, Cimbal-Frömsdorf u. a., sind daher bestrebt, die Kartoffel durch Züchtung neuer Sorten für bestimmte Zwecke zu verbessern, und wir verdanken diesem Bestreben viele neuere Sorten, deren Ertrag und Stärkeproduktion diejenige vieler älterer Sorten nicht selten um mehr als das Doppelte übertrifft. Da diese Sorten nicht für alle Boden- und klimatischen Verhältnisse passen können, müssen sie einer fortlaufenden Prüfung unterworfen werden. Hierzu hat der Verein der Spiritusfabrikanten in Deutschland die Deutsche Kartoffelkulturstation ins Leben gerufen, welche zur Zeit unter der Leitung von Professor Dr. von Eckenbrecher steht und zum größten Nutzen des Gewerbes ihres Amtes waltet. Wir teilen in umstehender Übersicht (s. S. 163) die Durchschnittszahlen der Ergebnisse des letzten Jahres mit.

Wer sich über diese Verhältnisse näher unterrichten will, mag auf die Veröffentlichungen in den Ergänzungsheften der Zeitschrift für Spiritusindustrie, in welchen sich die ausführlichen Berichte der Kartoffel-Kulturstation und auch die Berichte des auf der Saatgutzüchterei des Herrn F. Heine, Kloster Hadmersleben, ausgeführten Versuche, finden, aufmerksam gemacht werden.

Von den Kartoffelsorten, welche seither schon eine weitere Verbreitung gefunden haben, haben sich ausgezeichnet durch große durchschnittliche Ertragsfähigkeit: Prof. Wohltmann, Richters Imperator und Daber; durch Stärkereichtum: ebenfalls Prof. Wohltmann, Imperator und Daber.

Kultur der Kartoffel.

1. **Die für den Kartoffelbau geeignetste Bodenart** ist der **humose, tiefgründige Lehmboden** mit Mergeluntergrund; in demselben erreicht die Kartoffel sowohl die höchsten Erträge, wie den höchsten Stärkegehalt. Sie ge-

Übersichtstabelle 1907.

a) Angeordnet nach der Höhe des Stärkegehalts

Rangordnungs-nummer	Sorte	Stärke-gehalt %	Knollen-ertrag dz pro ha	Stärke-ertrag dz pro ha	Reifezeit
1	Brocken . . .	20,5	253,1	52,2	msp
2	Diana . . .	20,2	189,4	38,4	mfr
3	Professor Wohltmann . . .	19,6	295,6	58,4	sp
4	Bohun . . .	19,2	264,8	51,4	sp
5	Switez . . .	19,0	289,2	55,2	ssp
6	Dabersche . .	19,0	213,9	40,8	msp
7	Bojar	18,5	283,6	52,9	sp
8	Abdul Hamid .	18,5	236,9	44,2	sp
9	Record . . .	18,3	216,7	39,9	msp
10	Sas	18,2	254,0	46,6	msp
11	Montana . .	18,2	231,2	42,4	sp
12	Professor Nilsson	17,9	270,6	48,6	sp
13	Irene	17,8	251,2	45,3	msp
14	Weiße Königin .	17,7	263,7	46,5	msp
15	Richters Imperator . . .	17,6	234,6	41,5	msp
16	Frh. v. Wangenheim . . .	17,4	229,4	40,0	msp
17	Eva	16,2	236,4	38,7	mfr
18	Gelbfleischige Speisekartoffel	15,4	235,9	36,2	msp
19	Neue Export .	14,9	250,4	37,5	msp
20	Barbarossa . .	14,1	253,9	36,2	sp
	Mittel	17,9	247,7	44,6	—

b) Angeordnet nach der Höhe d. Knollenerträge

Rangordnungs-nummer	Sorte	Stärke-gehalt %	Knollen-ertrag dz pro ha	Stärke-ertrag dz pro ha	Reifezeit
1	Professor Wohltmann . . .	19,6	295,6	58,4	sp
2	Switez . . .	19,0	289,2	55,2	ssp
3	Bojar	18,5	283,6	52,9	sp
4	Professor Nilsson	17,9	270,6	48,6	sp
5	Bohun . . .	19,2	264,8	51,4	sp
6	Weiße Königin .	17,7	263,7	46,5	msp
7	Sas	18,2	254,0	46,6	msp
8	Barbarossa . .	14,1	253,9	36,2	sp
9	Brocken . . .	20,5	253,1	52,2	msp
10	Irene	17,8	251,2	45,3	msp
11	Neue Export .	14,9	250,4	37,5	msp
12	Abdul Hamid .	18,5	236,9	44,2	sp
13	Eva	16,2	236,4	38,7	mfr
14	Gelbfleischige Speisekartoffel	15,4	235,9	36,2	msp
15	Richters Imperator . . .	17,6	234,6	41,5	msp
16	Montana . .	18,2	231,2	42,4	sp
17	Frh. v. Wangenheim . . .	17,4	229,4	40,0	msp
18	Record . . .	18,3	216,7	39,9	msp
19	Dabersche . .	19,0	213,9	40,8	msp
20	Diana	20,2	189,4	38,4	msp
	Mittel	17,9	247,7	44,6	—

c) Angeordnet nach der Höhe der Stärkeerträge

Rangordnungs-nummer	Sorte	Stärke-gehalt %	Knollen-ertrag dz pro ha	Stärke-ertrag dz pro ha	Reifezeit
1	Professor Wohltmann . . .	19,6	295,6	58,4	sp
2	Switez . . .	19,0	289,2	55,2	ssp
3	Bojar	18,5	283,6	52,9	sp
4	Brocken . . .	20,5	253,1	52,2	msp
5	Bohun . . .	19,2	264,8	51,4	sp
6	Professor Nilsson	17,9	270,6	48,6	sp
7	Sas	18,2	254,0	46,6	msp
8	Weiße Königin .	17,7	263,7	46,5	msp
9	Irene	17,8	251,2	45,3	msp
10	Abdul Hamid .	18,5	236,9	44,2	sp
11	Montana . .	18,2	231,2	42,4	sp
12	Richters Imperator . . .	17,6	234,6	41,5	msp
13	Dabersche . .	19,0	213,9	40,8	msp
14	Frh. v. Wangenheim . . .	17,4	229,4	40,0	msp
15	Record . . .	18,3	216,7	38,9	msp
16	Eva	16,2	236,4	38,7	mfr
17	Diana . . .	20,2	189,4	38,4	msp
18	Neue Export .	14,9	250,4	37,5	msp
19	Gelbfleischige Speisekartoffel	15,4	235,9	36,2	msp
20	Barbarossa . .	14,1	253,9	36,2	sp
	Mittel	17,9	247,7	44,6	—

deiht andererseits aber auch in den extremen Bodenarten, z. B. sehr gut im Sandboden, wenn derselbe nicht gar zu trocken ist, und im Moorboden. Schwere, feuchte Bodenarten sind dagegen für die Kartoffelkultur weniger geeignet.

2. Bodenbearbeitung. Der Boden muß für den Kartoffelbau tief gelockert sein, womöglich durch eine tiefe Herbstfurche. Wo dies nicht anging, verträgt aber die Kartoffel das Frühjahrspflügen noch besser als andere Feldfrüchte; zum Frühjahrspflügen ist immer zu raten, wenn stickstoffreiche Vor- oder Zwischenfrüchte, Serradella, Lupinen usw., angebaut werden, da diese im Herbst oft noch in der besten Entwicklung untergepflügt werden müßten, außerdem aber der Boden unter ihrer Decke im Winter eine sehr gute Gare erhält.

3. Fruchtfolge. Die Kartoffel ist eine der verträglichsten Pflanzen, sogar mit sich selbst, und kann jahrelang auf demselben Flecke angebaut werden; sie ist, namentlich in ihren frühen Sorten, eine sehr gute Vorfrucht, und man kann ihr deshalb jede beliebige Stellung in der Fruchtfolge geben. Der Natur der Sache nach folgt sie meistens auf Winterung als Vorfrucht für Sommerung. Wo eine sehr frühe Bestellung des Wintergetreides notwendig ist, darf man die Kartoffel als Vorfrucht für dieses nicht wählen.

4. Bestellzeit. Die Kartoffel kann von April bis zur zweiten Hälfte des Mai bestellt werden; eine zeitige Bestellung, wenn sie gut ausgeführt werden kann, ist aber von größtem Vorteil, sowohl für die Höhe des Ertrages, wie auch für den Stärkegehalt; keine andere Pflanze erträgt indessen auch späte Bestellung besser als die Kartoffeln.

5. Das Anwelken des Saatguts hat sich als sehr vorteilhaft für die Höhe der Erträge erwiesen; dasselbe ist aber in größeren Wirtschaften mit starkem Kartoffelbau kaum durchführbar.

6. Größe des Saatguts. Alle ausgeführten Versuche haben ergeben, daß durch große Knollen höhere Erträge erzielt werden als durch kleinere (vergl. hierüber Wollny: Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen 1885, Verlag von Paul Parey, S. 81); es ist daher ein großer Fehler, wenn, wie dies zur Zeit noch oft geschieht, kleine Kartoffeln als Saatgut verwendet werden. Von zwei kleineren Kartoffeln von demselben Gewicht wie eine größere erhält man bis zu einer gewissen Grenze denselben Ertrag als von der größeren. Verfügt man daher nicht über großes Saatgut, so muß man einen Ausgleich hierfür durch eine engere Stellung der Kartoffeln suchen. Das Gewicht der Saatkartoffeln wird jetzt meistens zu 70—80 g gewählt. Das Zerschneiden der Saatkartoffeln ist womöglich zu vermeiden. Die aus kleinerem Saatgut stammenden Kartoffeln scheinen nach Kreusler der Kartoffelkrankheit mehr ausgesetzt zu sein. Brümmer will die Saatkartoffeln nicht allein nach Größe und sonstiger Beschaffenheit ausgewählt wissen, sondern auch nach Maßgabe der fruchtbarsten Stauden, d. h. derjenigen Stauden, welche die meisten und größten Kartoffeln produzierten, da sich diese Ertragsfähigkeit auf die Nachkommenschaft vererben soll. Diese Auswahl müßte daher bereits im Herbst beim Aufnehmen der Kartoffeln vorgenommen werden. Nach Brümmer sollen auch die Nachkommen

der gesündesten und kräftigsten Stauden eine beachtenswerte Widerstandsfähigkeit gegen die Kartoffelkrankheit zeigen.

7. Pflanzweite. Es ist Gebrauch, die Kartoffeln in einem leichten Boden enger, in einem schwereren weiter zu stellen; es wird damit die entgegengesetzte Praxis des Zuckerrübenbaues geübt; Frühkartoffeln werden enger gestellt als Spätkartoffeln, krautreiche weiter als krautarme. Als Grenzzahlen für die Pflanzweite sind 30 : 30 und 65 : 65 cm zu betrachten; durchschnittlich werden die Kartoffeln gesteckt:

auf leichtem Boden . . .	55 : 45 cm
„ schwererem Boden . .	60 : 52 „

Jedenfalls ist auf geringen Böden die richtige Pflanzweite von viel größerer Bedeutung für den Ertrag, als bei allen besseren Böden.

8. Pflanztiefe. Es ist vorteilhaft, die Kartoffel so flach, als es der betreffende Boden nur irgend vertragen kann, zu legen, namentlich in den schwereren Bodenarten; es lassen sich hierüber folgende Angaben machen:

leichtester Boden	12—15 cm
leichter Boden	10 „
Mittelboden	8 „
schwererer Boden	5 „

9. Das Anpflügen oder Anhäufeln der Kartoffeln ist bei den meisten Versuchen ohne Einfluß auf die Höhe der Erträge gewesen; es wird meistens noch ausgeübt, weil es die Stelle einer späten Hacke vertritt und die Ernte in schwerem Boden erleichtert.

10. Die Auswahl der ertrag- und stärkereichsten, für die betreffenden Verhältnisse passendsten Spielart ist die wichtigste Maßregel des ganzen Kartoffelbaues. Die alten Spielarten haben teils abgewirtschaftet und sind entartet und an ihre Stelle sind durch die Bemühungen der Kartoffelzüchter neue Spielarten getreten, welche bedeutend höhere Erträge geben und namentlich in ihren Erträgen durch Kultur und Düngung erheblich gesteigert werden können, was bei den älteren Spielarten nicht der Fall ist, letztere dürften daher bald verdrängt werden.

Es ist aber wichtig, darauf zu sehen, daß die angebauten Sorten unter den gegebenen Kultur-Verhältnissen auch die genügende Haltbarkeit besitzen. Man muß unterscheiden zwischen hitzigen (leicht in der Miete warm werdenden und dann verderbenden) und ruhigen Kartoffelsorten (s. unter „Haltbarkeit der Kartoffeln“ S. 181).

11. Die Düngung der Kartoffeln.

a) Der Stalldünger. Die Kartoffeln werden mit Vorliebe in frischem Stalldünger gebaut, weil sie diesen besser als andere Pflanzen verwerten oder wenigstens gut vertragen können. Der Stalldünger soll womöglich schon vor Winter untergepflügt werden; indessen ist dies nicht immer durchführbar, und die Kartoffeln müssen häufig genug (nicht zu ihrem Vorteil) in Frühjahrsdünger

bestellt werden. In diesem Fall tritt oft eine Depression des Stärkegehalts ein, welche aber, weil es eben nicht anders geht, in den Kauf genommen werden muß.

b) Stickstoffhaltige Düngemittel. Unter diesen steht der Chilisalpeter obenan. Bei den durch von Eckenbrecher geleiteten Versuchen der Kartoffelkulturstation erntete man z. B. mehr durch die Anwendung von 32 kg Stickstoff pro Hektar:

auf gutem Boden 3182 kg Kartoffeln und 649 kg Stärke pro Hektar
„ leichtem „ 2148 „ „ „ 372 „ „ „ „

Bei einem Preise der Kartoffeln von mehr als 1 M pro Zentner erwies sich daher die Stickstoffdüngung als sehr lohnend. Eine übertriebene, einseitige Anwendung stickstiffhaltiger Düngemittel deprimiert aber den Stärkegehalt unter Umständen sehr bedeutend und erhöht die Neigung der Kartoffel zum Erkranken.

c) Phosphorsäurehaltige Düngemittel. Es ist selbstverständlich, daß in phosphorsäurearmen Bodenarten für die Kartoffeln phosphorsäurehaltige Düngemittel gegeben werden müssen; diese lohnen sich auch in solchen Fällen sowohl durch die Erhöhung der Erträge, wie durch die Verbesserung der Qualität.

In phosphorsäurereicheren Bodenarten und in Wirtschaften, welche andere Feldfrüchte (z. B. Zuckerrüben) stark mit Phosphorsäure düngen, ist es nicht üblich, den Kartoffeln stärkere Phosphorsäuredüngungen zu geben. Jedenfalls ist hier neben Stalldünger eine Phosphorsäuredüngung unnötig.

d) Kalisalze. Die Kartoffel ist eine spezifische Kalipflanze und entnimmt dem Boden ansehnliche Kalimengen; in kaliärmeren Bodenarten muß daher unbedingt für einen Ersatz des dem Boden durch die Kartoffel entzogenen Kalis gesorgt werden. Dieser Ersatz soll aber womöglich nicht in einer Düngung mit chlorhaltigen Staßfurter Kalisalzen (Kainit und Karnallit) direkt zu den Kartoffeln gegeben werden, da diese den Stärkegehalt oft stark erniedrigen.

Es ist daher anzuraten, die Kalisalze zu den Vorfrüchten der Kartoffeln, oder wenn dies nicht angängig ist, jedenfalls sehr frühzeitig darzureichen. Es gibt allerdings auch Bodenarten (frische Moorkulturen und sehr kaliarme Sandbodenarten), in denen ohne Kalisalze überhaupt Kartoffeln nicht wachsen, so daß man in diesen die Kalisalze notgedrungen direkt zu den Kartoffeln geben muß. Auch der mit Kalisalzen konservierte Stalldünger erniedrigt den Stärkegehalt der Kartoffeln sehr bedeutend (nach Holdefleiß von 19,1 auf 17,7 %).

Nach neueren Versuchen von Maercker scheinen einige der neueren Züchtungen gegen die chlorhaltigen Kalidünger weniger empfindlich zu sein; namentlich betrifft dies die sehr krautreichen Sorten, in deren oberirdischen Organen das Chlor vorwiegend aufgespeichert wird. Die Frage ist jedoch noch nicht zum Abschluß gebracht und darum ist vorläufig Vorsicht bei der Anwendung von chlorreichen Kalidüngern zu Kartoffeln geboten.

Nach den neuesten Untersuchungen von Maercker und Schneidewind (Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1902, Heft 67) muß dem 40prozent. Kalidüngesalz zu Kartoffeln den anderen Kalisalzen gegenüber entschieden der Vorzug gegeben werden, da bei Düngung mit ihm überall mehr Kartoffeln und mehr Stärke geerntet wurden, als mit andern Kalisalzen z. B. Kainit.

Die botanische Beschaffenheit der Kartoffelknolle.

Schneidet man eine Kartoffelknolle in der Richtung der Längsachse, d. h. vom Nabelende zur Gipfelknospe durch, so erkennt man an der Schnittfläche von außen nach innen gehend, die Schalenschicht, bei roten Sorten die Farbstoffschicht, den Mehlkörper und in ihm am Nabelende gelblich gefärbte, fadenförmige Stränge,

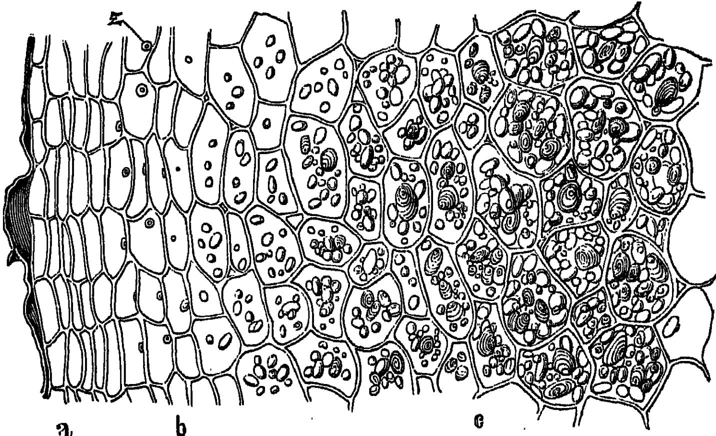


Abb. 33.

a Korkschale. b Zellen unter der Korkschale ohne Stärke, aber reich an Protein; sie zeigen Zellkerne. z Zellen mit ihren Kernkörperchen. c Die Stärkemehl führenden Zellen der Kartoffel. Vergrößerung 250fach.

welche nach den Augen hin und nach der Mitte zu in wässerig aussehende Streifen verlaufen, die Gefäßbündel.

Die Schale besteht aus dickwandigen verkorkten Zellen mit eingetrocknetem Protoplasma (Abb. 33), welche der Kartoffel als Schutz nach außen hin dienen; die folgende Schicht (b) aus dünnwandigen Zellen, welche protoplasmareich sind und bei roten Sorten einen roten Farbstoff im Saft gelöst enthalten.

Diese Zellenreihen sind beide stärkefrei.

Es folgen dann protoplasmareiche Zellen mit wenigen kleinen Stärkekörnern und Proteinkristalloiden und endlich die reichlich Stärke führenden Zellen des Mehlkörpers.

Die Stärke ist in diesen in Form derber Körnchen enthalten. Diese liegen eingebettet in dem flüssigen Zellsaft, welcher aus einer Lösung von Eiweißstoffen, Zucker, Mineralstoffen, organischsauren Salzen usw. besteht. Beim Erwärmen oder Kochen der Kartoffel saugt die Stärke den flüssigen Zellinhalt

auf und wird damit zu einer elastischen, zähen Masse, Kleister. Sind in einer Zelle, wie solches bei den stärkeärmeren Kartoffeln der Fall ist, geringere Mengen von Stärke abgelagert, so hat letztere Gelegenheit größere Wassermengen aufzusaugen, und sie quillt damit zu einer vollkommen verkleisterten Masse von weicher Konsistenz auf (seifig). In stärkereichen Kartoffeln findet sie dagegen nicht genügend Wasser zum Aufquellen und bleibt alsdann eine härtere Masse; daher kochen sich sehr stärkereiche Kartoffeln nicht weich, sie zerfallen eher, als daß eine vollkommene Aufquellung des Stärkemehls im Zellinhalte eintritt. Trotz des höheren Nährstoffgehaltes sind daher stärkereiche Kartoffeln von über 20 % Stärke als Speisekartoffeln nicht gut zu verwenden.

Die Stärkekörner sind von sehr verschiedener Größe, von den kleinsten bis zu den größten (0,003—0,1 mm), und von sehr verschiedener Form. Die kleinsten rund, die größeren rund oder eiförmig, die größten eiförmig oder muschelförmig. Große und kleine Körner finden sich unregelmäßig nebeneinander in den Zellen; in der Nähe der Gefäßbündel überwiegen die kleinen. In stärkereichen Kartoffeln enthalten die meisten Zellen viele Stärkekörner, in stärkearmen nur einzelne oder wenige.

Die Gefäßbündel sind Zellen mit leiterförmig oder spiralig verdickten Wänden und sind die Kanäle, welche die zuckerhaltigen Säfte von den grünen Teilen der Pflanze den Knollen zuführen.

Die chemische Beschaffenheit der Kartoffelknolle.

Mittlere Zusammensetzung.

Das spezifische Gewicht der Kartoffel schwankt von 1,08—1,15; stärkereiche Kartoffeln haben im allgemeinen ein höheres spezifisches Gewicht und einen höheren Trockensubstanzgehalt als stärkeärmere. Das spezifische Gewicht ist daher schon seit langer Zeit benutzt worden, um danach den Stärkegehalt der Kartoffeln zu schätzen.

Außer den Stärkekörnern finden sich in der Kartoffel Holzfaser, stickstoffhaltige Verbindungen (Eiweißstoffe und Amide), Fett, Zucker, Pentosane, Pektinstoffe, Pflanzensäuren, sogenannte stickstofffreie Extraktstoffe und Mineralstoffe vor.

Die gröbere Zusammensetzung der Kartoffel wird durch nachstehende Zahlen aus J. Königs Zusammensetzung der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, 1882, erläutert. Dieselben stellen die Mittelzahlen aus 90 Analysen dar:

	Wasser	Stickstoffsubstanz (N × 6,25)	Fett	N-freie Extraktstoffe	Holzfaser	Asche	In der Trockensubstanz	
							Stickstoff	Kohlehydrate
	%	%	%	%	%	%	%	%
Maximum	(82,86)	3,66	0,31	21,24	1,37	1,45	2,39	86,70
Minimum	68,29	0,57	0,03	18,75	0,28	0,53	0,37	76,45
Mittel	75,48	1,95	0,15	20,69	0,75	0,98	1,27	84,38

Die in vorstehender Zusammenstellung mitgeteilten Maximalzahlen für den Gehalt an Trockensubstanz und Kohlehydraten sind wohl zu niedrig gegriffen, denn es kommen nach Maercker Kartoffeln mit Trockensubstanzgehalten bis zu 35 % vor.

Eingehendere Untersuchungen von Morgen an 38 verschiedenen Kartoffelsorten ergaben umstehende Maximal-, Minimal- und Mittelzahlen, welche aber auch nur als Beispiele gelten können.

In 100 Teilen der frischen Substanz	Maximum	Minimum	Mittel
Spezifisches Gewicht der Kartoffel . . .	1,134	1,084	1,106
„ „ des Saftes	1,0368	1,0216	1,0263
Trockensubstanz	30,39	20,33	25,57
Wasser	79,67	69,61	74,43
Saft	72,01	52,42	61,02
In Wasser lösliche Substanzen	5,17	2,66	3,21
Stickstoff insgesamt	0,489	0,229	0,324
„ löslich	0,446	0,202	0,270
„ unlöslich	0,100	0,009	0,056
„ löslich als Eiweiß	0,225	0,099	0,141
„ „ „ Amide	0,219	0,073	0,118
„ „ in unbekannter Form . .	0,033	0,002	0,012
Kohlehydrate insgesamt:			
Berechnet als Zucker	27,283	16,730	22,237
„ „ Stärke	24,555	15,057	20,013
Davon Stärke	24,260	14,532	16,615
„ Zucker	1,080	0,073	0,267
„ Dextrin (Rohrzucker?)	0,276	0,049	0,164
Asche insgesamt	1,208	0,650	1,076
„ löslich	0,948	0,506	0,730
„ unlöslich	0,477	0,079	0,262

Über die einzelnen Bestandteile der Kartoffel kann folgendes Nähere angeführt werden:

Der Trockensubstanzgehalt der Kartoffel.

Die Schwankungen im Trockensubstanzgehalte der Kartoffel, welche sich von 20—36 % erstrecken, werden hauptsächlich durch die Schwankungen im Stärkegehalt verursacht, so daß das Mehr von Trockensubstanz einer daran reicheren Kartoffel nur durch ein entsprechendes Mehr von Stärke hervorgebracht wird, welche in den Zellen der Kartoffel eingelagert ist. Man hätte sich dieses Verhältnis danach so zu denken, daß eine trockensubstanzarme Kartoffel in einem gleichen Volumen ebensoviel Holzfaser, Asche, stickstoffhaltige Stoffe besitzt als eine an Trockensubstanz reiche, und daß die Erhöhung der Trockensubstanz nur durch Einlagerung von Stärke entsteht. Stärkereiche Kartoffeln sind also nicht

entsprechend reich an stickstoffhaltigen Stoffen usw., wie man vielfach glaubt. Auf diesen Umstand hat schon Heidepriem hingewiesen; spätere Untersuchungen von Holdefleiß, Morgen und Kellner haben diese Behauptung bestätigt. (Vgl. hierzu die ausführlichen Zahlen der 3. Aufl. von Maerckers Handbuch der Spiritusfabrikation S. 68.)

Die Kohlehydrate der Kartoffel.

Nach Morgen ist das Verhältnis der Kohlehydrate zueinander in Prozenten derselben, als Dextrosewert berechnet:

	Maximum	Minimum	Mittel
Stärke	99,14	95,15	97,87
Zucker	4,47	0,35	1,42
Dextrinartige Körper . . .	1,60	0,23	0,85

Es ist hiernach die Stärke bei weitem der überwiegende Teil der Kohlehydrate. Die „dextrinartigen Körper" Morgens sind wohl tatsächlich nicht Dextrin, sondern Rohrzucker, denn nach Untersuchungen von Müller-Thurgau kann aus süßen Kartoffeln dieser Zucker direkt in Kristallen dargestellt werden, und er bildet neben meist erheblicheren Mengen Dextrose den Zuckergehalt der Kartoffeln. Auch in unreifen Kartoffeln wurde seine Gegenwart von E. Schulze nachgewiesen.

Stärke: Wenn im allgemeinen von dem Stärkegehalt der Kartoffeln gesprochen wird, so ist damit gewöhnlich nicht der wirkliche Gehalt an Stärkekörnern oder Stärkemehl gemeint, sondern die Summe aller der Stoffe, welche beim Kochen mit verdünnter Salzsäure Fehlingsche Lösung reduzierende Zuckerarten bilden. Denn ehe man die Zusammensetzung der Kohlehydrate in der Kartoffel genauer kannte, bestimmte man den Stärkegehalt auf diesem Wege, und es geschieht dies meist auch jetzt noch, damit man die Ergebnisse der früheren Untersuchungen (Stärke-Tabellen) weiter benutzen kann, und weil in der Tat auch die Hauptmenge der Kohlehydrate, welche reduzierende Zuckerarten sind oder bilden, für die Spirituserzeugung nutzbar zu machen sind.

Es ist aber, um Verwechslungen und Mißverständnisse zu vermeiden, zweckmäßig, wenn man unterscheidet zwischen Stärke und Stärkewert und letztere Bezeichnung überall dort anwendet, wo es sich tatsächlich um die Summe aller, reduzierenden Zucker darstellenden oder liefernden Kohlehydrate handelt.

Der Stärkewert der Kartoffeln schwankt in sehr weiten Grenzen, nämlich zwischen 11—12% einerseits und 28—29% andrerseits. Als mittleren Stärkewert kann man 18% ansehen.

In der Zusammensetzung und besonders im Stärkewert der einzelnen Knollen von Kartoffeln, welche unter ganz gleichen Verhältnissen gewachsen sind, kommen ziemlich große Schwankungen vor; so fand z. B. Maercker, daß der Stärkewert von sächsischen Zwiebelkartoffeln desselben Ursprungs betrug:

Minimum	16,10
Maximum	25,50.

Nach der Größe sortiert, enthielten dieselben:

Kleine Knollen	(20—50 g)	22,86 %
Mittlere „	(50—100 g)	25,55 „
Große „	(100—150 g)	24,37 „

Im allgemeinen wird man wohl in mittleren, gut ausgebildeten Knollen den höchsten Stärkegehalt erwarten dürfen.

Die Kartoffel erreicht unter Umständen einen sehr hohen Stärkewert; so beobachtete Maercker als Maximalzahlen bei seinen Versuchen in der sächsischen, weißfleischigen Zwiebelkartoffel von Salzmünde 29,4 %, Schochwitz 28,1 %, Trotha 27,3 %. Kartoffeln von 25—27 % Stärke kommen in warmen, trockenen Jahren häufig vor.

Der wahre Stärkegehalt ist mehr oder weniger erheblich geringer als der Stärkewert. Er kann entweder direkt bestimmt werden, oder er wird erhalten aus der Bestimmung des Stärkewertes nach Abzug der übrigen Kohlehydrate.

Zucker: Der Zuckergehalt der Kartoffeln setzt sich zusammen aus Dextrose und Rohrzucker und ist ein sehr schwankender. Reife Kartoffeln enthalten gewöhnlich keinen Zucker oder nur Bruchteile von Prozenten; unter gewissen ungünstigen Verhältnissen gelagerte Kartoffeln können aber bis zu 3 % reduzierenden und über 5 % Gesamtzucker enthalten (Müller-Thurgau). Die in der Tafel von Morgen angegebenen Gehalte von 0,07—1,08 % erscheinen sehr niedrig; wahrscheinlich lagen nur frisch geerntete Kartoffeln bei der Untersuchung vor.

Nach unseren Untersuchungen (Saare) an 10 Kartoffelsorten von drei, sowohl nach Boden, wie klimatischen Verhältnissen ganz verschiedenen Versuchsfeldern Deutschlands wurden Schwankungen von 0,4 bis zu 3,4 % Zucker (durch Gärung bestimmt) gefunden und festgestellt, daß manche Sorten zuckerarm, andere zuckerreich unter allen Verhältnissen sind. So ist z. B. Daber immer arm an Zucker, Seed und Imperator reicher, Juno am reichsten, was spätere Untersuchungen bestätigt haben. Es haben danach verschiedene Kartoffelsorten offenbar ein verschieden starkes Zuckerbildungsvermögen (vergl. Saare: „Die Fabrikation der Kartoffelstärke", Berlin, Julius Springer, 1897, S. 53).

Pentosane: Kartoffeln enthalten außer Stärke und Zucker auch noch Pentosane, d. h. Kohlehydrate, welche bei geeigneter Behandlung (Erhitzen mit verdünnten Säuren) zwar Fehlingsche Lösung reduzierende, mit Hefe aber nicht vergärbare Zuckerarten (Pentosen) geben.

Die Menge dieser Kohlehydrate, welche im Stärkewert der Kartoffel mit enthalten sind, ist, wie es scheint, allerdings nicht erheblich, denn wir (Saare) fanden in 10 verschiedenen Kartoffelsorten nur 0,74—0,95 % Pentosane, oder in der wasserfreien Kartoffel 3,25—4 % (Zeitschrift für Spiritusindustrie, 1899. Ergänz.-Heft II. 3). Untersuchungen über Änderung im Pentosangehalte der Kartoffeln unter wechselnden Verhältnissen von Kultur, Reife, Lagerung derselben, fehlen bisher.

Die stickstoffhaltigen Bestandteile der Kartoffel.

Ursprünglich nahm man an, die stickstoffhaltigen Bestandteile der Kartoffel ebenso wie diejenigen aller anderen Pflanzen beständen aus Eiweißstoffen und gab daher im allgemeinen als Eiweißgehalt die durch Multiplikation des Stickstoffgehaltes mit 6,25 gefundene Zahl an. Danach enthält die Kartoffel 0,6 bis 3,7 % und im Mittel 2—2,2 % Eiweiß. Aber schon 1870 hatte Maercker und E. Schulze gefunden, daß dieses nicht richtig ist, und daß höchstens 72 % des in der Kartoffel vorhandenen Stickstoffs in Eiweißstoffen enthalten sind. Später lernte man die nicht eiweißartigen Stoffe der Pflanze als zur Gruppe der Amide gehörig kennen (Sachsse) und fand auch ein Verfahren zur Bestimmung derselben (R. Sachsse und E. Schulze). Nach diesem hat man nun bereits zahlreiche Pflanzen untersucht und gefunden, daß die Amide oft einen sehr beträchtlichen Teil des Stickstoffgehaltes in Anspruch nehmen. Für die Kartoffel ist das Ergebnis folgendes gewesen:

U. Kreusler fand, daß vom Gesamtstickstoff der Kartoffel 26,8—39,9 % auf Amide entfielen.

König gibt an: Eiweiß 56,6 % (43,9—71,2), Nichteiweiß 43,3 % (28,8 bis 56,1).

E. Schulze und Barbieri fanden 44—65,5 % vom Gesamtstickstoff als Eiweiß und 34,5—56 % Amidstickstoff, und es scheint nach E. Schulze, daß das Verhältnis von Eiweiß- zu Nichteiweißstickstoff für bestimmte Kartoffelsorten ein feststehendes ist.

Kellner fand 42,3—50,9 % Amidstickstoff und neuerdings Waterstradt (Blätter für Gersten-, Hopfen- und Kartoffelbau 1901, S. 302) wenigstens 41,6 %, höchstens 55,9 % und im Mittel 50 % Amidstickstoff.

Morgens Zahlen finden sich in der Tafel auf S. 169.

Über den Amidgehalt der Kartoffeln kann nach Versuchen Maerckers folgendes angeführt werden:

1. Im allgemeinen enthalten die stickstoffreicheren Kartoffeln relativ mehr Amide als die stickstoffärmeren.
2. Die stärkereicheren Kartoffeln derselben Varietät sind im allgemeinen amidärmer.
3. Wenn der Stärkegehalt durch gewisse Düngemittel herabgesetzt wird, z. B. durch Kalisalze, so wird dadurch der Amidgehalt erhöht.
4. Mit dem Fallen des Stärkegehalts und der Vermehrung der Amide ist fast immer eine Erhöhung des Gesamtstickstoffgehaltes verbunden.

Diese Erscheinungen erklären sich sämtlich dadurch, daß ein hoher Amid- und Stickstoffgehalt ein Zeichen der Unreife der Kartoffeln ist.

Über die Natur der stickstoffhaltigen Bestandteile gibt eine Untersuchung von Schulze Aufschluß. Von Amiden kommt hauptsächlich Asparagin in der Kartoffel vor:

auf 100 Teile N kommen			
unlösliches Eiweiß mit % N	lösliches Eiweiß mit % N	Asparagin mit % N	unbekannte Amidosäuren mit % N
0,0614	0,1284	0,0682	0,0589
19,2	40,6	21,6	18,6

Außer Asparagin hat Schulze in der Kartoffel neuerdings auch Leucin, Tyrosin und Hypoxanthin nachgewiesen.

Die löslichen Eiweißstoffe der Kartoffel bestehen vornehmlich aus einem in Wasser löslichen Globulin, von Osborne „Tuberin“ benannt, welches sich, weil es in Salzlösungen außerordentlich leicht löslich ist, im Kartoffelsaft in großen Mengen findet. Außerdem enthält die Kartoffel noch einen anderen Eiweißstoff (Osborne) in kleinen Mengen.

Außer diesen stickstoffhaltigen Bestandteilen finden sich in der Kartoffel noch Ammoniaksalze und ein Glukosid, das Solanin. Dasselbe besitzt giftige Eigenschaften. In reifen Kartoffeln ist der Solaningehalt unbedeutend (0,03—0,07%), er nimmt aber beim Keimen der Kartoffeln stark zu und findet sich besonders in den Keimen, welche man für Fütterungszwecke und den Genuß der Kartoffeln für Menschen entfernen muß. Die Schale und Augen der Kartoffeln sind reicher daran als der Mehlkörper. Wilde Kartoffeln (Paraguay) enthalten bis zu 0,32% Solanin (Nobbe).

Die Enzyme der Kartoffeln.

Es ist nicht zweifelhaft, daß die Kartoffeln, sowohl die ruhenden als die keimenden, Enzyme enthalten. Ihre Menge steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit der „Hitzigkeit“. Es kann an dieser Stelle nur die Hoffnung ausgesprochen werden, daß es alsbald gelingen muß, über die Kartoffelenzyme uns eingehender zu unterrichten (s. auch S. 181).

Die Säuren der Kartoffel.

Kartoffelsaft reagiert immer sauer; es rührt dieses von der Anwesenheit von sauren Salzen der Oxalsäure, Zitronensäure und anderer Pflanzensäuren her. W. Windisch hat auch Milchsäure in den Kartoffeln nachgewiesen. Regelmäßig kommen auch lösliche Pektinsäuren vor, deren Identität mit der Arabinsäure (Gummi) sehr wahrscheinlich ist. Saare fand bei 10 Kartoffelsorten von schwerem Boden nur Spuren von Säuren, dagegen bei denselben von mittlerem und leichtem Boden Zahlen, welche 0,1—0,4 ccm Normalnatron auf 20 ccm Saft oder bis zu 0,15% Säure (als Milchsäure berechnet) in den Kartoffeln entsprachen. Beim Faulen der Kartoffeln steigt der Säuregehalt oft sehr erheblich.

Faser und sonstige nicht stickstoffhaltige Bestandteile.

Nach dem Entfernen der Stärke (durch Behandeln mit Diastase) hinterläßt die Kartoffelsubstanz Cellulose, inkrustierende Substanzen und Pektin-

stoffe. Letztere lösen sich durch Behandeln des Kartoffelmarkes mit verdünnten Säuren und durch Erhitzen des Marks mit Wasser in verschlossenen Gefäßen auf 120—130° C.; sie bilden ungefähr die Hälfte des Gewichtes des Kartoffelmarks. Die Löslichkeit der Pektinstoffe der Intercellularsubstanz ist die Veranlassung, daß die einzelnen Kartoffelzellen nach dem Kochen mit Wasser voneinander getrennt werden. Saare fand in 10 Kartoffelsorten verschiedener Herkunft Rohfaser (durch Diastasebehandlung einschließlich unlöslichem Eiweiß und Asche) 1,33—2,58% und Reinfaser (stickstoff- und aschefrei) 0,82—1,37%. Dabei fanden sich deutliche Sortenunterschiede, z. B. die feinfaserige Seedkartoffel hatte Reinfaser 0,82—0,88%, Rohfaser 1,33—1,64%; die dickschalige Zwiebelkartoffel Reinfaser 1,2—1,3%, Rohfaser 2,04—2,35%.

Waterstradt (Blätter für Gersten-, Hopfen- und Kartoffelbau 1901, S. 302) fand wenigstens 0,92, höchstens 1,77 und im Mittel 1,41% Reinfaser.

Außerdem finden sich geringe Mengen in Alkohol löslicher ölartiger Körper (den Kartoffelgeruch mitbedingend) und in Äther lösliche Fette (0,06 bis 0,08% nach Eichhorn) in der Kartoffel vor.

Die Aschenbestandteile der Kartoffel.

Diese bestehen zum größten Teil aus Kalisalzen. 100 Teile Reinasche der Kartoffel enthalten nämlich nach E. von Wolff:

	Maximum	Minimum	Mittel
Kali	73,61	43,95	60,37
Natron . . .	16,93	0,00	2,62
Kalk	6,23	0,51	2,57
Magnesia . . .	13,58	1,32	4,69
Eisenoxyd . . .	7,18	0,04	1,18
Phosphorsäure .	27,14	8,39	17,33
Schwefelsäure .	14,89	0,44	6,49
Kieselsäure . .	8,11	0,00	2,13
Chlor	10,75	0,85	3,11
Gehalt an Asche .	5,80	2,20	3,77

Nach den Untersuchungen von Morgen sind von 100 Teilen Aschenbestandteilen der Kartoffel

	Maximum	Minimum	Mittel
löslich	89,19	57,49	73,89
unlöslich . . .	42,51	10,81	26,12

Die Veränderungen der Kartoffel beim Reifen und Lagern.

Beim Reifen der Kartoffel wachsen die Stärkekörner in der Zelle wie die Zellen selbst, und es finden sich statt lauter kleiner Stärkekörner in den jugendlichen Zellen große und kleine gemischt in den reifen Zellen.

Der Trockensubstanzgehalt und der Stärkewert wächst mit zunehmender Reife, dagegen verschwindet der in der unreifen Kartoffeln noch reichlich anzutreffende Gehalt an Dextrose und Rohrzucker nach der Reifezeit zumeist vollständig aus den Knollen, und reife Knollen sind gewöhnlich zuckerarm (Kreusler und Saare).

Über das Verhältnis der verschiedenen Gruppen der stickstoffhaltigen Stoffe beim Reifen der Kartoffeln sind die Meinungen geteilt. Während nach Kreusler und Hungerbühler der Gehalt der Kartoffeln an Eiweißstickstoff in der Hauptvegetationsperiode relativ höher ist als bei reifen Kartoffeln, der Amidstickstoff also zurücktritt, ist nach Maercker (s. S. 172) und Kellner ein hoher Amidgehalt ein Zeichen der Unreife. Vielleicht spielen bei den verhältnismäßig wenigen Untersuchungen Unterschiede der Spielarten oder der Düngung eine Rolle (s. auch Saare: Die Fabrikation der Kartoffelstärke 1897, S. 60/61).

Über die Zusammensetzung der „Mutterknollen" der Kartoffeln, welche als Saatgut gedient haben, hat Nobbe folgende Untersuchung ausgeführt. Die Mutterknollen wurden am 5. Juli dem Boden entnommen:

2,11 %	Zellstoffe
1,60 „	Stärke
0,34 „	Rohprotein
0,42 „	Asche
4,47 %	Trockensubstanz.

Die Mutterknollen waren also von den Tochterpflanzen vollkommen ausgesogen.

Beim Lagern sollen die Kartoffeln zunächst etwas an Stärke zunehmen, aber man hat dabei kaum an eine wirkliche Zunahme, sondern nur an ein prozentisches Anwachsen der Stärke infolge einer eintretenden Austrocknung der aus dem feuchten Boden kommenden wasserreichen Kartoffeln zu denken. Die Wasserabnahme wird in Mentzel und von Lengerkes landwirtschaftlichem Kalender für die Monate Oktober bis März zu je etwa 1 %, in Summa zu 6,6 % angegeben, für April und Mai zu je etwa 2 %. Bei längerem Lagern findet daneben aber ein sehr erheblicher Stärkeverlust statt, indem die Stärke durch zuckerbildende Enzyme verflüssigt und der gebildete Zucker veratmet wird. Bei Nobbes 6 Monate währenden Versuchen waren die hierdurch entstehenden Verluste am größten beim Aufbewahren in feuchten, warmen Räumen (46,6 %), am geringsten in trockenen, kühlen Räumen (12,2 %). Nach Wollny berechnen sich die Verluste an Stärke zu 1,2—2,1 % an Stärke.

Es ist hierbei aber darauf hinzuweisen, daß die Zahlen insofern die Verhältnisse der Praxis nicht treffen, als sie alle mit verhältnismäßig kleinen Kartoffelmengen ausgeführt wurden.

Bei 10 wöchigem Lagern größerer Mengen in Mieten und Kellern fand Saare bei vier Kartoffelsorten nur sehr geringe Schwankungen im Gehalt an Trockensubstanz, löslichen Stickstoffverbindungen und dem Verhältnis von Eiweiß zu Nichteiweiß und im Stärkewert, und nur Zunahme im Zuckergehalt, besonders

bei der zur Zuckerbildung neigenden Seedkartoffel (Saare: Die Fabrikation der Kartoffelstärke 1897, S. 63).

Bei einem vom November 1897 bis Mai 1898 währenden Einmietungsversuch mit Daberschen und Seed-Kartoffeln, bei welchem Proben nach 2, 4 und 6 Monaten genommen und auch die absoluten Gewichtsverluste festgestellt wurden, fand Saare bei Temperaturen in der Miete von 4—5° C. bis März und 12,5—15° C. Ende Mai bei geringer Fäulnis (1½% bei Seed) und nicht zu starker Keimung (Daber am stärksten), daß die Stärkewerte von 18—18,3% bei Daber und 16,3—15,3 bei Seed, also nur in geringen Grenzen schwankten, und ebenso die Zuckergehalte mit 0,3—0,7% bei Daber und 1,6—2,50% bei Seed. Relativ hatten sich also die Kartoffeln beim Lagern sehr wenig verändert.

Die absoluten Verluste ergaben, daß bei Daber der Wasserverlust größer war als der Trockensubstanzverlust, bei Seed umgekehrt. Bei der dünnschaligen, stark zur Zuckerbildung neigenden Kartoffel ist also der Substanzverlust größer, bei der hartschaligen, zuckerarmen geringer. Der Verlust an Stärke betrug von 100 Ztr. Kartoffeln bei Lagerungszeit

	Daber	Seed
nach 2 Monaten . . .	0,1 Ztr.	0,2 Ztr.
„ 4 „ . . .	0,1 „	0,8 „
„ 6 „ . . .	1,0 „	1,3 „

Bei normaler und fäulnisfreier Lagerung sind also die Verluste an Stärke keine sehr erheblichen (siehe Zeitschrift f. Spiritusindustrie, Ergänzungsheft II, 1899, S. 3).

In manchen Jahren sind aber auch die Stärkewerte schon nach kurzer Zeit verändert; so fand Schultze-Schulzendorf im Jahre 1895 schon im Januar die Stärkegehalte um 2½% geringer als beim Einmieten.

Über die Umsetzungen beim Lagern der Kartoffeln hat Müller-Thurgau durch seine umfangreichen Untersuchungen einen kleinen Einblick gewährt. Beim Lagern der Kartoffeln gehen drei Vorgänge nebeneinander her. Wasserverlust durch Verdunstung, Überführung von Stärke in Zucker durch das diastatische Enzym der Kartoffel und Zerstörung von Zucker durch Atmung. Der erste und der letzte Vorgang führen zu Gewichtsverlusten, der mittlere nicht. Halten sich alle drei Vorgänge in gewisser Weise das Gleichgewicht, so ist der prozentische Gehalt an Trockensubstanz und der des Stärkewertes der Kartoffel vor und nach dem Lagern nicht verschieden. Überwiegt die Verdunstung, so nimmt Trockensubstanz und Stärkwert zu, überwiegt die Atmung, so nehmen beide ab. Absolute Verluste an Trockensubstanz finden immer statt. Da aber die Atmung mit sinkender Temperatur nachläßt und bei $\pm$ 0° fast aufhört, so sind die Verluste um so geringer, je näher die Temperatur beim Lagern dieser Grenze liegt. Die diastatische Wirkung wird aber durch niedrige Temperatur nur wenig beeinflußt. Wird die Kartoffel unter — 2° abgekühlt, so erfriert sie, stirbt also ab.

Bei sinkender Temperatur sind also folgende Möglichkeiten gegeben:

1. Die Temperatur geht langsam auf $\pm$ 0° herunter, die Zuckerbildung dauert fort, die Atmung verringert sich, die Kartoffeln werden süß

2. Die Temperatur sinkt nun unter — 2°, die Kartoffeln erfrieren und bleiben süß.
3. Die Temperatur sinkt schnell und unter — 2°, die Kartoffeln erfrieren, sind aber nicht süß, weil zum Zuckerbilden keine Zeit da war.

Süßgewordene, aber nicht erfrorene Kartoffeln verlieren ihren Süßgeschmack, wenn man sie einige Zeit bei 20—30° C. hält, indem dann bis zu 4/5 des Zuckergehaltes zu Stärke zurückgebildet, der Rest veratmet wird.

Für die Praxis der Kartoffellagerung ergibt sich aus obigem, daß die Lagerung so zu leiten ist, daß die Temperatur in den Kartoffelhaufen sich zwischen 6—10° C. bewegt, wo Atmung und zuckerbildende Kraft sich etwa das Gleichgewicht halten. Ein Sinken der Temperatur unter ± 0° muß unter allen Umständen vermieden werden.

Über den Stärkeverlust keimender Kartoffelknollen hat Ernst Kramer Bestimmungen ausgeführt und dabei gefunden, daß der Stärkeverlust schon in dem Falle ein sehr erheblicher war, wenn die Keimlinge noch keine bedeutende Entwicklung erreicht hatten.

Es gingen verloren von 100% Stärke:

bei einer Keimlänge von	1—2 cm	3,18% Stärke
„ „ „ „	2—3 „	5,26 „ „
„ „ „ „	3—4 „	9,88 „ „

Über Rauhschaligkeit und Stärkegehalt der Kartoffeln

berichtet R. Krzymowski im „Journal für Landwirtschaft", Heft 1. Schon in früheren Jahren hatte Wollny[1]) bei der „Regensburger Kartoffel" und der „Sächsischen Zwiebelkartoffel" bestimmte Beziehungen zwischen Rauhschaligkeit und Stärkegehalt beobachten können. Im Fortschritt seiner Versuche ergaben die rauhschaligen Kartoffeln gegenüber den glattschaligen ein Plus an Stärke von 3%.

Gelegentlich der Kartoffelernte auf dem Versuchsfelde der Universität Göttingen zeichnete sich eine Dolkowskische Züchtung „Zniec" vor allen anderen angebauten Sorten durch ganz ausgesprochene rauhschalige Beschaffenheit aus. Krzymowski interessierte es festzustellen, ob dieser auffallenden Erscheinung auch in der Tat ein höherer Stärkegehalt entspricht, und die Untersuchung ergab einen Stärkgehalt von 23,3%, während alle anderen Sorten aus dem Versuchsfelde niedrigere Stärkeprozente zeigten. Durch diese Bestätigung der Ansicht von dem Zusammenhang zwischen Rauhschaligkeit und Stärkegehalt angeregt, stellte Krzymowski nun von einer ganzen Anzahl verschiedener Sorten des Versuchsfeldes je die rauh- und glattschaligen Knollen, immer innerhalb einer Sorte, miteinander zum Vergleich.

Um den Einfluß der Knollengröße auf den Stärkegehalt auszuschalten — kleine Knollen sind prozentisch stärkeärmer als große und mittlere —, wurde Sorge getragen, daß die zur Untersuchung gelangenden glattschaligen Knollen

[1]) Wollny, Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin 1885.

möglichst ebenso groß waren wie die rauhschaligen Knollen derselben Sorte. Um endlich ganz sicher zu gehen, daß nicht etwa Erde, welche sich in den Rissen der rauhschaligen Haut festgesetzt hatte und durch Waschen nicht völlig zu entfernen war, das spezifische Gewicht zu Gunsten der rauhschaligen Knollen erhöht hatte, befreite man eine Reihe von Vergleichsproben durch Schälen von ihrer Haut. Man erhielt aber das ganz gleiche Resultat. Die Ergebnisse der Bestimmungen sind aus der Tabelle S. 179 ersichtlich.

Wie aus der Zusammenstellung zu ersehen ist, zeigte sich auch hier die Erscheinung, daß mit größerer Rauhschaligkeit zugleich ein größerer Stärkegehalt verknüpft ist. Im Durchschnitt aller Versuche ergaben die rauhschaligen den glattschaligen Knollen derselben Sorte gegenüber ein Plus an Stärke von 2,24%.

In Anbetracht der geringen Anzahl von Knollen, mit denen die Bestimmungen durchgeführt wurden, können naturgemäß die ermittelten Stärkewerte nicht etwa als maßgebend für die betreffende Sorte angesehen werden.

Hinsichtlich der Ursachen für den Unterschied im Stärkegehalt schließt sich Krzymowski der Ansicht Sorauers an. Die glattschaligen Kartoffeln sind die weniger reifen, die rauhschaligen die schon mehr ausgebildeten Knollen der betreffenden Stöcke. Reifere, ältere Kartoffelknollen haben aber schon mehr Stärke eingelagert, als junge, wässerige, weniger ausgebildete. Am Schlusse seiner Abhandlung macht er noch darauf aufmerksam, daß die stärkeärmeren, glattschaligen Knollen höchstwahrscheinlich auch eiweiß- und amidreicher sein werden als die stärkereicheren, rauhschaligen. Denn die Glattschaligkeit ist ja das Zeichen einer gewissen Unreife; jüngere Pflanzenteile sind aber eiweiß- und amidreicher als ältere.

Auch in der landwirtschaftlichen Praxis wird von mancher Seite bei Auswahl des Kartoffelsaatgutes auf Rauhschaligkeit Wert gelegt, nicht nur bei Saatzüchtereien, sondern auch sonst in praktisch landwirtschaftlichen Betrieben. Vielleicht dürfte es nicht ganz uninteressant bleiben, innerhalb einer Sorte die rauh- und glattschaligen Individuen bezüglich ihrer etwa verschiedenen Haltbarkeit und Hitzigkeit zu prüfen.

Krankheiten der Kartoffel.

Die Kartoffelknollen unterliegen einer Reihe von Krankheiten, welche meist schlechthin als „Kartoffelkrankheit" oder „Kartoffelfäule" bezeichnet werden, aber hinsichtlich des Erregers und zum Teil auch des Verlaufes der Krankheit sehr verschieden sind. In früherer Zeit machte man für die „Kartoffelkrankheit" allgemein den Pilz Phytophthora infestans verantwortlich, welcher das Schwarzwerden des Krautes hervorruft, und sah die nach seinem Auftreten folgende Naßfäule als sein Werk an. Nach neueren Untersuchungen muß man aber annehmen, daß die „Kartoffelkrankheit" und die Fäule durch sehr verschiedene Pilze veranlaßt wird. B. Frank (Zeitschrift für Spiritusindustrie 1897, Ergänzungsheft II, S. 7) unterscheidet unter den verbreitetsten:

Gewogen mit Hurtzigs (H) oder Reimanns (R) Kartoffelwage	Laufende Nummer	Sorte	Glattschalige Knollen						Rauhschalige Knollen						Die rauhschaligen Knollen enthalten mehr Stärke als die glattschaligen
			Anzahl der untersuchten Knollen	Knollen vor dem Wägen geschält oder nicht	Gesamtgewicht der Knollen g	Durchschnittsgewicht einer Knolle g	Gefundenes spezifisches Gewicht	Stärke %	Anzahl der untersuchten Knollen	Knollen vor dem Wägen geschält oder nicht	Gesamtgewicht der Knollen g	Durchschnittsgewicht einer Knolle g	Gefundenes spezifisches Gewicht	Stärke %	%
H	1	Las	29	Ungeschält	1080	37	1,102	**18,6**	24	Ungeschält	1070	45	1,115	**21,4**	**+2,8**
H	2	Schneerose	18	Ungeschält	810	45	1,102	**18,6**	14	Ungeschält	710	50,7	1,100	**20,1**	**+1,5**
H	3	Präsident Krüger	7	Ungeschält	420	60	1,091	**16,2**	6	Ungeschält	340	57	1,115	**21,4**	**+5,2**
H	4	Juli-Kartoffel	17	Ungeschält	730	43	1,090	**16,0**	13	Ungeschält	520	40	1,095	**17,1**	**+1,1**
R	5	Gastold	11	Ungeschält	464,5	42	1,092	**16,4**	10	Ungeschält	409	41	1,101	**18,4**	**+2,0**
R	6	Kirsches Schneeglöckchen	7	Ungeschält	343,5	49,1	1,092	**16,4**	9	Ungeschält	456	50,7	1,096	**17,3**	**+0,9**
R	7	Magnum Bonum	6	Geschält	257	43	1,105	**19,2**	5	Geschält	232,5	46,5	1,112	**20,6**	**+1,4**
R	8	Maximum	10	Geschält	311	31	1,094	**16,9**	7	Geschält	221	31,5	1,108	**19,9**	**+3,0**
R	9	Kirsches Triumph II	5	Ungeschält	237,3	47,5	1,095	**17,1**	4	Ungeschält	178,7	44,7	1,102	**18,6**	**+1,5**
R	10	Breunstedts Up to date	8	Geschält	405	50,5	1,104	**19,0**	9	Geschält	451	50	1,108	**19,9**	**+0,9**
R	11	Juwel	5	Geschält	402,5	80,5	1,098	**17,7**	3	Geschält	240	80	1,113	**20,7**	**+3,0**
R	12	Eckenbrecher	6	Geschält	388,5	64,7	1,096	**17,3**	5	Geschält	335	67	1,115	**21,4**	**+4,1**
R	13	Tabor	5	Ungeschält	385,5	77,1	1,094	**16,9**	4	Ungeschält	301,5	75,4	1,117	**21,6**	**+4,7**
R	14	Phönix	6	Ungeschält	404,5	67,4	1,090	**16,0**	7	Ungeschält	457,5	65,4	1,100	**18,2**	**+2,2**
		Durchschnitt aller Sorten	—	—	—	**51,95**	—	**13,37**	—	—	—	**52,03**	—	**19,61**	**+2,24**
			Extremste Schwankungen 16,0—19,2 % Stärkegehalt.						Extremste Schwankungen 17,1—21,6 % Stärkegehalt.						

Die Phytophthora-Fäule, welche besonders das Kraut, seltener die Knolle befällt, Stärkekörner aber nicht angreift.

Die Rhizoctonia-Fäule, zuerst von Julius Kühn erkannt, welche hauptsächlich die Knollen bewohnt und außerordentlich kräftig die Stärke zerstört, indem sie die Stärkekörner bis zu Spindel- und Nadelform und schließlich ganz auflöst.

Die Bakterien-Fäule, welche von Hallier einer, von Reinke und Berthold mehreren Bakterien und von Kramer dem Bacillus amylobacter zugeschrieben wird und auch zunächst Stärke nicht angreift.

Die Fäule durch Fusarium Solani (Wehmer, s. auch Zeitschrift für Spiritusindustrie 1898, 48), welche in Kellern und Mieten auftritt und die Stärkekörner nicht zerstört.

Die Nematoden- oder Wurmfäule, hervorgerufen durch tierische Organismen (Älchen), welche die Stärke direkt ebenfalls nicht angreifen.

Durch alle diese Krankheiten wird der Bau der Kartoffelknolle im Innern zerstört, indem die Zellwände aufgelöst oder von den Pilzfäden durchbrochen werden, wodurch die Stärkekörner frei gemacht und bisweilen mit aufgelöst werden. Die kranken Stellen der Knolle werden weich, breiig, später übelriechend. Sie sind feucht, solange die Kartoffel genügende Feuchtigkeit umgibt. Man bezeichnet die Kartoffel in diesem Zustande als naßfaul. Tritt durch besondere Umstände ein Trockenwerden der Kartoffeln ein, so schützt die Knolle sich gegen weiteres Vordringen der Krankheit, indem sie eine meist sehr starke, zähe Korkschicht, ähnlich der Schalenschicht, am Wundrande bildet. Es trocknen dann die zerstörten Teile, die oft durch nachträglich eingewanderte Schimmelpilze bunt gefärbt erscheinen, zu pulveriger Masse ein. Man bezeichnet die Kartoffeln in diesem Zustande als trockenfaul. Fusarium solani ruft gewöhnlich ohne weiteres Trockenfäule hervor.

Diese Krankheitserscheinungen sind für den Stärkefabrikanten von Bedeutung, einmal, weil naßfaule Kartoffeln schon in der Wäsche die stärkereichen breiig gewordenen Teile verlieren und dadurch Stärkeverluste entstehen, und weil trockenfaule Kartoffeln sich schwerer zerkleinern lassen.

Eine ebenfalls häufig auftretende Kartoffelkrankheit, der Schorf oder Grind, verändert nur die Schale der Knollen, welche rauh und splissig wird. Ihre Ursache ist mit Sicherheit noch nicht nachgewiesen, man schreibt sie aber nach den bisherigen Kenntnissen der Wirkung besonderer Bakterien zu. Die Ansicht vieler Praktiker, daß durch Kalken oder Mergeln des Bodens der Schorf veranlaßt wird, ist nicht zutreffend. Höchstens begünstigen diese die Bildung des Schorfes.

Zu nennen ist ferner das Durchwachsen oder die Kindelbildung der Kartoffelknollen, d. h. die Bildung neuer Knollen aus den alten heraus, welches gewöhnlich dann beobachtet wird, wenn auf lange Trockenheit und Notreife der gebildeten Kartoffeln bei nachfolgender warmer Witterung bedeutende Niederschläge eintreten. Durchgewachsene Kartoffeln verhalten sich bei der Verarbeitung in der Stärkefabrik wie unreife.

Über den derzeitigen Stand unserer Kenntnisse von den Kartoffelkrankheiten und ihrer Bekämpfung ist in dem Heft 5 der „Mitteilungen aus der Kaiserl. Biolog. Anst. f. Land- und Forstwirtschaft zu Dahlem" von Regierungsrat O. Appel und Dr. W. Kreitz berichtet und folgende Übersicht über die hauptsächlichsten Kartoffelkrankheiten gegeben:

(Siehe Tabelle S. 182.)

Die Haltbarkeit der Kartoffeln.

Man hat bisher die Auffassung gehabt, daß die verschiedene Haltbarkeit der Kartoffeln auf der Angreifbarkeit durch Pilze beruhe und so Haltbarkeit und Krankheit der Kartoffeln in einen Topf geworfen. Das ist unrichtig oder wenigstens einseitig (s. Delbrück, Jahrbuch des Vereins der Spiritus-Fabrikation 1902 S. 154 u. 214 und 1907 S. 259 u. 260). Die Zerstörung der Kartoffel bei der Aufbewahrung, vielleicht auch schon während des Entstehens auf dem Felde und im Zusammenhang mit der grünen Pflanze, wird hervorgerufen durch auflösende Kräfte (Enzyme), welche in jedem Organismus vorhanden sind. Treten diese Enzyme in Tätigkeit, so lösen sie die Kartoffelsubstanz auf, können vielleicht bis zur Lösung der Zellwände schreiten und eröffnen dadurch das Feld für die Tätigkeit der Pilze. Die Pilzerkrankung ist also nicht immer die erste Ursache des Verderbens, sondern vielfach erst die Folge der beginnenden Selbstauflösung oder, wie man im Vergleich mit dem tierischen Organismus sagen kann, der Selbstverdauung der Frucht.

In jeder Zelle sind aufbauende und auflösende Kräfte vorhanden, die durch den Zellkern, als den Herrscher der Zelle, betätigt werden. Der Aufbau wiegt vor, wenn in die Kartoffelknolle beim Reifen Zucker einströmt und dann in Form von Stärkemehl abgelagert wird, oder wenn das diffusible Asparagin in die Knolle wandert und die Umwandlung in Eiweiß erfährt. Der Abbau wiegt vor, wenn die Knolle auskeimend diese Stoffe zum Aufbau der Keime mobil machen muß. Verschiebungen im Auf- und Abbau finden auch ohne äußere Anzeichen bei der scheinbar ruhenden Knolle statt. So nimmt bei niederen Temperaturen der Zuckergehalt zu, während der Stärkegehalt sinkt; umgekehrt fällt der Zuckergehalt bei steigenden Temperaturen, und der Zucker schlägt um in Stärke. Mit den stickstoffhaltigen Stoffen wird es nicht anders sein. Gleichzeitig verläuft fortgesetzt die Atmung, Sauerstoff wird aufgenommen, Kohlensäure und Wasser werden gebildet, die erstere abgegeben. Überwiegen die lösenden Kräfte, bei gleichzeitig kräftiger Atmung, so verliert jede Zelle an Festigkeit, sie wird wasserreicher, durch das neugebildete Wasser; der Zellsaft wird aber doch konzentrierter durch Neulösung. Die Zelle bleibt aber prall, denn das ihr eigene Leben ist unverändert. Anders wenn die Enzyme sich in ihrer Tätigkeit nicht auf das Angreifen vorhandener Reservestoffe (Stärke, Eiweiß) beschränken, vielmehr das Protoplasma, den Sitz des Lebens selbst angreifen: dann hat die auflösende Arbeit den Tod der Zelle zur Folge, die Zelle verliert die Straffheit, die Kartoffel wird weich, der Zellsaft tritt aus, — und nun

Übersicht über die hauptsächlichsten Kartoffelkrankheiten.

Name der Krankheit	Erreger	Kennzeichen der Krankheit an: Kraut	Kennzeichen der Krankheit an: Knollen	Zeit des Auftretens	Umstände, die die Verbreitung begünstigen	Schutzmittel
Kraut- und Knollenfäule	Pilz Phytophthora infestans	Braune Flecken mit weißem Saum umsäumt	Braun-bräunlich schimmernde Flecken in der Schale	Juli bis September	Feucht-warme Witterung	Bespritzen des Krautes mit Kupferkalkbrühe
Schwarzbeinigkeit	Bakterien Bac. phyt.	Stengel am Grunde schwarz und abgestorben	Knollen sind naßfaul	Juni bis Juli	Übertragung durch krankes Saatgut, feuchtwarme Witterung	Verwendung gesunden, unzerschnittenen Saatgutes
Schorf	Pilz Oospora scabres Bakterien	—	Schorfige Stellen	—	Schorfiges Saatgut, alkalische Düngemittel	Beizen des Saatgutes mit 0,01 % Sublimatlösung, schorffreies Saatgut. Frische Ätzkalkdüngung
Dürrfleckenkrankheit	Pilz Alternia solani	Runde braune trockene Flecken auf den Blättern	—	Juli bis September	Kleine, blattbewohnende Insekten	Spritzen mit Kupferkalkbrühe
Eisenfleckigkeit	—	—	Braune, rostfarbene Flecken im Fleisch	—	—	—
Bakterienringkrankheit	Bakterien	Verkümmerung der Stengel und Blätter	Gefäßbündelring tiefbraun bis schwarz gefärbt	Während der ganzen Vegetationsperiode	Krankes Saatgut, Verwundungen der unterirdischen Teile der Pflanze	Verwendung gesunden, unzerschnittenen Saatgutes
Fusarium-Stengelfäule	Pilz Fusarium (pestis?)	Vermorschung und gänzliche Aufzehrung des Krautes wie der unterirdischen Teile im Anschluß an Beschädigungen		Juni bis Juli	?	—
Blattrollkrankheit	Fusarium	Blätter rollen sich zusammen, gelbgefärbte Gefäßbündel in Knollen und Stengel (nicht braune)		Juni bis Juli	Ungünstige Wachstumsverhältnisse beim Auflaufen, unterirdische Verletzungen krankes Saatgut	Verwendung gesunden, Saatgutes
Kräuselkrankheit	Fusarium	Verkümmerung und Verkürzung der Stengel und Blätter	Klein, oft glasig	Juli	?	Verwendung gesunden, Saatgutes

können Pilze mit ihrer Tätigkeit einsetzen, und es treten die verschiedenen Formen der Pilzerkrankung auf.

Die Veranlassung zu so weitgehender Enzymtätigkeit wird immer in unnormalen Lebensverhältnissen zu suchen sein, wahrscheinlich in Temperaturverhältnissen, d. h. entweder in zu niedriger oder zu hoher Temperatur. Ist die erstere lediglich bedingt durch äußere Abkühlung, so sind für letztere mehrere Quellen denkbar, zunächst warme äußere Temperatur, sodann die Selbsterzeugung von Wärme durch die Kartoffel vermöge der Atmung, endlich die intramolekulare Gärung, bei Luftmangel an Stelle der Oxydation die Wärmeerzeugung übernehmend.

Eine hitzige Kartoffel wird also die sein, welche

1. kräftig atmend, viel Wärme erzeugt, d. h. reich an Atmungsenzym ist;
2. stark abbauende Enzyme besitzt oder erzeugt und dadurch Atmungsmaterial zur Verfügung stellt;
3. welche unter gemeinsamer Wirkung von 1 und 2 abstirbt, so daß die Hitzigkeit die Ursache des Pilzbefalles wird.

Die Hitzigkeit ist zunächst Rasseneigenschaft, denn sie beruht auf der Fähigkeit des Protoplasmas, Enzyme hervorzubringen.

Sodann ist sie eine Folge von Düngung und Kultur — denn die wässerige, eiweißreiche Kartoffel ist geneigt, stark zu atmen, und auch zur Enzymwirkung, denn die Enzyme sind umgewandelte Eiweißstoffe. Die stärkereiche Kartoffel ist eiweißarm und so ruhiger und haltbarer. Delbrück unterscheidet je nach der Fähigkeit der Kartoffel, sich unter den gleichen Verhältnissen verschieden stark zu erwärmen, ruhige, kalte und hitzige, warme Kartoffeln. Er beobachtete, daß bei einer hitzigen Kartoffel, von welcher 1 kg geschnitzelt und mit gegen Wärmeverluste schützender Hülle umgeben war, in einer Stunde eine Erwärmung um 20° C. eintrat, bei einer kalten nur eine Erwärmung von 10° C. Die Hitzigkeit kommt bei guter Lagerung nicht zur Geltung, und gute Lagerung ist nach Delbrück nichts anderes wie Temperaturregulierung, und wenn man will, auch Atmungsregulierung.

Setzt man die Temperatur herab, so ist die Atmung schwächer und die eigene Wärmeerzeugung der Kartoffeln sinkt, sorgt man gleichzeitig für Absperrung der Luft, durch Zudecken zu geeigneter Zeit, so sinkt wiederum die Atmung, denn angesammelte Kohlensäure setzt die Atmung herab. Deckt man zu früh, d. h. bei zu hoher Temperatur, so ist die Luftdiffusion doch stark genug, den Atmungsprozeß zu unterhalten, bei genügender Temperatursteigerung setzt dann die Gärung ein, und nun ist die Temperatursteigerung ohne Luftzutritt möglich geworden.

Man sieht, die Hitzigkeit oder vielmehr die fehlende Hitzigkeit muß ein Merkmal einer guten Kartoffelrasse werden, und die Züchter müssen bewußt nach dieser Richtung, nicht nur nach hohem Ertrag und hohem Stärkegehalt, arbeiten. Gleichzeitig geben diese Auseinandersetzungen aber auch die Unterlagen zur richtigen Behandlung der Kartoffeln im Lager und beim Transport.

B. Die Gewinnung der Stärke aus der Kartoffel.

Die Fabrikation der Kartoffelstärke ist eine rein mechanische. Die Stärke ist in den Kartoffelzellen eingeschlossen, sie wird von dem Fruchtsafte umgeben, und es bedarf nur einer Zerreißung der Kartoffelzellen, um die Stärke freizulegen. Aus dem durch das Zerreißen der Kartoffelzellen entstandenen Brei wird dann die Stärke durch Waschen mit Wasser, Sieben und Absetzen erhalten. So einfach der Fabrikationsgang auch ist, so bedarf es doch großer Sorgfalt in der Arbeitsführung und in der Konstruktion der zu verwendenden Apparate, wenn ein gutes, allen Ansprüchen genügendes Fabrikat erzielt werden soll.

Gang der Fabrikation.

Die Kartoffeln werden in die Schwemme eingeworfen, aus welcher sie mittelst Hubrad oder Kratzer in die eigentliche Waschmaschine befördert werden. In der Schwemme werden die groben Verunreinigungen wie Steine usw. zurückgehalten, so daß die Kartoffeln bereits vorgereinigt in die Waschmaschine kommen. Die Waschmaschine besteht meist aus mehreren Abteilungen, in welche die Kartoffeln nacheinander gelangen, wobei sie sich unter der Wirkung des Wassers und der gegenseitigen Reibung vollständig reinigen. Nachdem die Kartoffeln in der letzten Abteilung angekommen sind, wo sie mit frischem Wasser nachgespült werden, gelangen sie über einen schrägen Rost in die Kartoffelreibe, woselbst sie in einen feinen Brei verwandelt werden, der sich in der unter der Reibe befindlichen Grube sammelt. Die Reibselpumpe zieht das Reibsel aus der Grube an und drückt es auf das erste Auswaschsieb, wo das Auswaschen mit Hilfe von Wasserstrahlen erfolgt. Das vom Auswaschsieb ausgeworfene Reibsel fällt auf die Nachzerkleinerung, in welcher es nochmals zerkleinert wird, und gelangt auf das zweite Auswaschsieb, auf welchem sich das Auswaschen wiederholt. Die vom zweiten Sieb abfallende endgültig ausgewaschene Pülpe fällt in ein vertieftes Bassin und wird durch die Pülpepumpe in die außerhalb gelegenen Pülpebassins gedrückt.

Die von den Sieben abfließende Rohstärkemilch sammelt sich in einem Bassin und gelangt auf Feinsiebe. Die Fein- oder Raffiniersiebe sind mit Seidengaze bespannt und dienen zur Abscheidung der Fasern, welche durch die Löcher der Auswaschsiebe mit hindurchgehen.

Die abgeschiedenen Fasern werden nach außen in die Pülpebassins geleitet, die ablaufende Stärkemilch fließt in eine Grube und wird auf die Absatzbassins oder Fluten gepumpt. Hier trennt sich die Stärke von dem Fruchtwasser. Das Fruchtwasser wird abgelassen und fließt in die Außenbassins, die Stärke dagegen wird entweder mit der Hand oder mittelst Transportschnecken nach den Waschquirlen befördert. In den Laveuren wird die Stärke mit frischem Wasser aufgerührt, dann der Ruhe überlassen, wobei sich die gute Stärke als unterste Schicht zu Boden setzt, über welcher sich zunächst eine Schicht von Fasern befindet, über der dann noch das stärkefreie Wasser steht. Das Wasser wird, nachdem die Stärke

sich fest abgesetzt hat, durch die sogenannten Stöpselkästen oder Schlammpforten abgezogen, worauf man die Faserschicht mit hölzernen Krücken oder Besen von der Stärkeschicht entfernt und diese mit frischem Wasser gründlich nachreinigt. Nachdem dies geschehen, wird die Stärke nach Befinden nochmals mit frischem Wasser aufgerührt und das Absetzenlassen und Abschlämmen wiederholt. Ist die Stärke auf diese Weise gründlich gereinigt, so rührt man sie mit nur wenig Wasser auf und setzt eine Stärkepumpe in Tätigkeit, welche die Stärkemilch nach dem Zentrifugenbottich drückt.

Von dem Zentrifugenbottich aus werden die Zentrifugen gefüllt, in denen eine Entwässerung der Stärke stattfindet. Die entwässerte Stärke wird mittels kleiner Schaufeln in einen Elevator geworfen, der sie in einen im ersten Stockwerk stehenden Kasten hebt. Die Stärke wird dann auf Horden ausgebreitet und in den Trockenstuben, Trockenkammern oder Trockenkanal getrocknet, oder in Trockenapparaten.

Soll Stärkemehl hergestellt werden, so gibt man die getrocknete Stärke in einen Elevator, der sie in die Sichtmaschine hebt, von welcher aus sie direkt in Säcken aufgefangen wird.

Das Wasser, welches von den Quirlen abgezogen wird, geht durch einen Kanal in die Außenbassins. Die mit Stärke untermischten Fasern aber gelangen durch einen anderen Kanal in das Sammelbassin und werden durch die Schlammpumpe in den Schlammsiebbottich gepumpt, wo sie nach Befinden mit frischem Wasser verdünnt werden. Hierauf läßt man sie über ein mit feiner Seidengaze bespanntes Schlammsieb gehen, von wo aus die Stärkemilch über eine Schlammrinne geleitet wird. Auf dieser setzt sich die gute Stärke, währenddem das Wasser mit feinen Fasern untermischt, nach dem Außenbassin abfließt. Die abgesetzte Stärke wird von Hand ausgestochen und entweder in einem Quirl für sich behandelt oder, wenn deren Qualität es zuläßt, mit der Hauptstärkemenge weiter verarbeitet.

Die Gewinnung der Stärke zerfällt in folgende Arbeiten:

1. Die Reinigung der Kartoffeln.
2. Die Zerkleinerung der Kartoffeln.
3. Das Auswaschen der freigelegten Stärke.
4. Die Gewinnung der Rohstärke.
5. Die Reinigung der Rohstärke.
6. Das Trocknen der Stärke.

I. Die Reinigung der Kartoffeln und die dazu dienenden Apparate.

Die Reinigung der Kartoffeln ist für die Stärkefabrikation von größter Bedeutung. Durch Entfernung aller anhaftenden Verunreinigungen, wie Erdteile, Sand und Steine wird eine gute, stippenfreie, weiße Stärke gewährleistet und einer starken Abnutzung der Apparate (namentlich Kartoffelsiebe) vorgebeugt.

Die Reinigung geschieht durch fließendes Wasser in der Kartoffelwäsche. Zur gründlichen Reinigung der Kartoffeln wendet man zweckmäßig noch eine Vor-

reinigung an. Als Vorreinigung eignet sich die in den Zuckerfabriken längst bewährte „Schwemme" sehr gut, sie dient gleichzeitig zum Transport der Kartoffeln nach der Wäsche.

Die Schwemme besteht aus einer möglichst langen Rinne von etwa 0,3 m Breite und Tiefe, deren Sohle abgerundet ist. Man gibt ihr nach der Wäsche

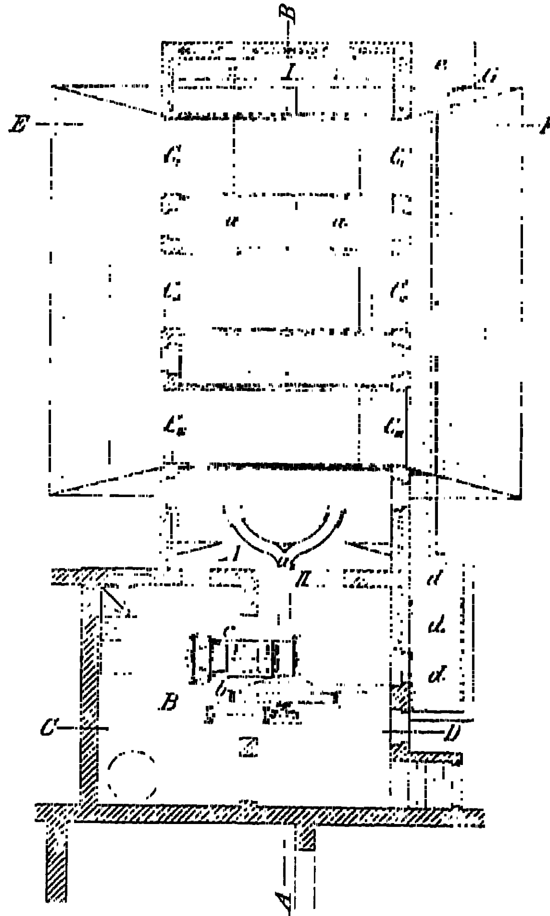


Abb. 34. Schwemmanlage von F. E. Christoph-Niesky.

zu auf 1 m Länge ein Gefäll von 7 mm bei gerader Richtung und von 9 mm bei Biegungen. Die Rinne kann von Holz oder Mauerwerk, je nach der Örtlichkeit, entweder in der Mitte des Kartoffelkellers an dessen Fußboden oder an den Wänden entlang angebracht werden. Aus ihr hebt ein Becherwerk die Kartoffeln in die Wäsche, oder, wo die Schwemme oberhalb der Wäsche hinläuft, wird an ihrem Ende ein Rost angebracht, durch den das Transportwasser ab-

läuft. Der Wasserverbrauch einer solchen Schwemme beträgt etwa 15 cbm in der Stunde bei 50 Zentner verarbeiteter Kartoffeln.

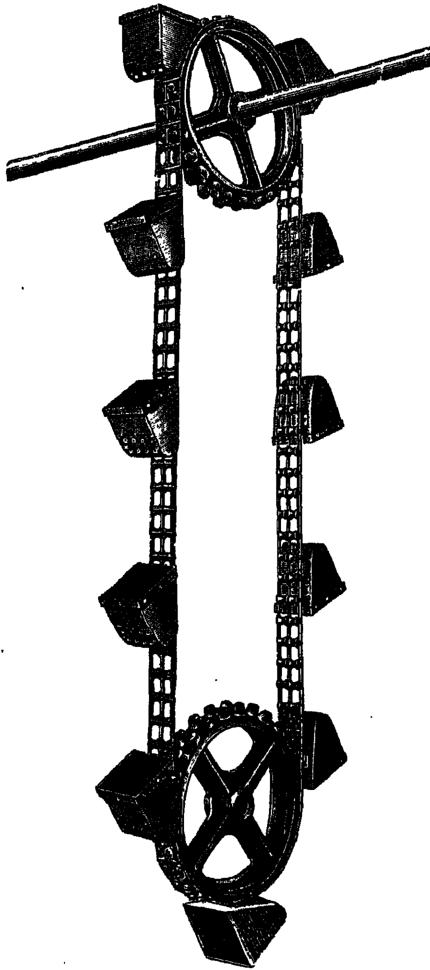
Derartige Schwemm-Anlagen liefert jede Maschinenfabrik für Einrichtung von Stärkefabriken. Vorstehende Abbildung 34 zeigt eine solche Anlage im Grundriß.

Der Kartoffelraum A schließt mit seiner Schmalseite an den Wäscheturm B an; in beiden Längsfronten von A sind paarweis gegenüberliegende durch Brücken verbundene Auffahrtstore C_I C_{II} C_{III} angebracht. Die beladenen Kartoffelwagen werden mit Pferden auf die Brücken gefahren und hier nach beiden Seiten in den etwa 2 m tiefer liegenden Lager- und Schwemmraum entleert. Der Schwemmraum ist in zwei Teile geteilt; in der Mitte jedes Abteils läuft eine Rinne a in der ganzen Länge des Hauses und die Bodenflächen liegen mit Gefälle zu beiden Seiten jeder Rinne, so daß die Kartoffeln das Bestreben haben, in die Rinne zu rollen, sobald letztere oben offen ist. Die Rinnen a a haben vom äußersten Ende I des Kartoffelraumes nach II hin Gefälle und sind durch schmale im Falz liegende lose Bretter abgedeckt, so daß die Kartoffeln sich über den Brettern lagern können. Kurz vor dem Wäscheturm vereinigen sich bei a die beiden Rinnen zu einer, welche direkt in einer gemauerten Grube mündet, aus welcher das Schöpfrad b Kartoffeln und Schwemmwasser auf eine rostartige Rinne hebt. Die Kartoffeln rollen von hier — schon vorgereinigt — in die Waschmaschine c, während das Schwemmwasser durch eine unter dem Rost angebrachte Rinne in die Schlammfänge d abfließt. Das Wasser setzt hier Sand und Schlamm ab, fließt durch einen im Gefälle liegenden Kanal nach e ab und wird von hier aus durch Ventile v wieder in eine der beiden Rinnen geleitet, um von neuem wieder zum Schwemmen benutzt zu werden. Durch diese Rücklaufanlage in Verbindung mit Schlammfängen ist es möglich das Wasser immer wieder zu benutzen, es wird daher viel weniger Wasser verbraucht als bei dem gewöhnlichen Waschverfahren, bei welchem das gebrauchte Wasser aus der Wäsche abfließen muß, ohne noch weiter benutzt werden zu können.

Fließt nun Wasser durch die Rinne und nimmt man, vorn bei der Wäsche anfangend, ein Brettchen nach dem andern von der Rinne weg, so schwemmt das Wasser die Kartoffeln dem Schöpfrad zu. Während eine Rinne schwemmt ruht die andere, ist zugedeckt und wird deren Raum mit frisch angefahrenen Kartoffeln beschickt.

Zum Ausheben der Kartoffeln aus der Schwemme kann man ein Hubrad, wie es z. B. Christoph in Niesky baut, eine Zachariaskratze oder einen Elevator verwenden. Die Zachariaskratze (Erfinder ist der Direktor der Stolper Stärkefabrik Herr Zacharis) ist eine doppelte Gliederkette, an der in Abständen von 50 cm senkrechte Querbretter angebracht sind, die auf einem schiefen Brett gleiten und die Kartoffeln darauf, ohne sie zu verletzen, in die Höhe schieben. Der Elevator ist häufig einer schnellen Abnutzung und Zerstörung ausgesetzt; man fertigt ihn daher ganz von Eisen; einen solchen Elevator stellt Abb. 35 dar. Die Elevatorglieder sind von schmiedbarem Eisenguß hergestellt und in der Hauptsache untereinander gleich; ein Unterschied besteht nur insofern, als an die Glieder,

welche die Elevatorbecher tragen sollen, Lappen zum Annieten der Becher angegossen sind und als ein besonderes Schlußglied an jeder Kette zum bequemeren Öffnen und Schließen der letzteren ohne Verringerung der Festigkeit auseinandernehmbar ausgeführt ist. Die Glieder werden mit Ausnahme des Schlußglieds von der Seite ineinander eingeschoben und können sich in der geschlossenen Kette nicht voneinander trennen; nur das Schlußglied wird einfach eingehakt und durch eine besondere Vorrichtung am Aushaken gehindert. Die untere Kettenscheibe darf nicht zum Betrieb der Wäsche benutzt werden. Die Kartoffelwäsche muß ihren eigenen Antrieb haben. Über Reinigung und Transport der Kartoffeln durch Schwemme und Kratze in Kartoffelstärke-Fabriken äußert sich Saare in der Zeitschrift für Spiritusindustrie 1902, Nr. 6 wie folgt:



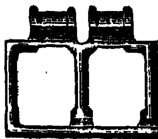




Abb. 35. Kartoffel-Elevator.

„Die aus der Rübenzucker-Fabrikation übernommene Schwemme bürgert sich mehr und mehr in der Kartoffelstärke-Fabrikation ein. Ihre Einrichtung ist einfach und nicht zu kostspielig, denn sie besteht aus einer, je nach der Größe der von ihr zu verrichtenden Leistung 0,3—1,0 m breiten und tiefen Rinne, gewöhnlich aus Mauerwerk und Zement hergestellt, welche den Kartoffelabladeraum der Länge nach am Boden durchzieht und bei gerader Richtung 7 mm, bei Biegungen 9 mm Gefäll auf je 1 m Länge hat. Dieselbe wird mit leicht abnehmbaren Bohlen gedeckt.

An der oder den Stellen, an welchen die Kartoffeln aus der Schwemme der oder den Kartoffelwäschen zugeführt werden sollen, werden diese durch ein Hebewerk aus der Schwemme gehoben.

Die Vorteile der Schwemme bestehen in:

1. einer sehr wesentlichen Ersparnis an Arbeitskräften für das Heranschaffen der Kartoffeln,
2. der Möglichkeit, von jeder Stelle des Kartoffelraumes aus die Kartoffeln zu jeder beliebigen Zeit der Wäsche zuführen zu können (Vermeidung von Fäulnisnestern),
2. Wegschaffung der Steine und sehr gründlicher Vorreinigung der Kartoffeln vor der Wäsche und Entlastung dieser.

Der einzige Nachteil ist der, daß die Schwemme viel Wasser verbraucht, und zwar nach meinen Feststellungen bei stündlicher Verarbeitung von 50 Ztr. Kartoffeln in der Stunde auf jeden Zentner rund 300 l Wasser.

Aber auch diesen für Stärkefabriken mit beschränkter Wasserzufuhr Ausschlag gebenden Mangel hat man neuerdings beseitigt. Ich sah in einer Stärkefabrik mit 100 Ztr. Verarbeitung in der Stunde eine Schwemme in Tätigkeit, welche mit Fruchtwasser gespeist wurde. Es wurde dort das von den Außenbassins ablaufende Fruchtwasser durch einen gemauerten Kanal nach einem Bassin geleitet und von diesem aus der Schwemme zugeführt. Am Ende derselben wurde es durch eine Wasserschnecke aus einem Sammelbassin, in welchem sich die Hauptmasse des Sandes absetzte, in ein anderes Bassin hochgeschneckt, um dann abzulaufen.

Ein Übelstand zeigte sich dabei darin, daß in dem Sammelbassin am Anfang der Schwemme, weil dort das Fruchtwasser hineinfiel, sehr starke Schaumbildung eintrat. Dies läßt sich aber, wie der Leiter der Fabrik angab, vermeiden, wenn man das Fruchtwasser in dem Sammelbassin aufsteigen läßt, dieses zum Verteilen des Schaumes mit einem Rührwerk versieht und dann das Fruchtwasser mit Pumpe in die Schwemme hebt. Natürlich wird die Art der Anlage von den örtlichen Verhältnissen abhängig sein.

Zur Überführung der Kartoffeln aus der Schwemme in die Wäschen bediente man sich bisher vorzugsweise der Elevatoren; dieselben haben aber den Nachteil, daß die Becher zahlreiche Kartoffeln zerschneiden und auch leichter Beschädigungen ausgesetzt sind. An ihre Stelle hat man nun mit Vorteil Transport-Kratzer gesetzt. Diese bestehen aus einer doppelreihigen Gallschen Kette (Gliederkette), welche durch Kettenräder angetrieben wird, und auf welche in bestimmten Abständen Kratzerbretter aufgesetzt sind, d. h. viereckige Holzbohlen, welche so ausgekehlt sind, daß sie an der aufsteigenden Seite etwas vorspringen und also ein seitliches Ausweichen der Kartoffeln verhindern.

Die Kette läuft in einer mit 40—50° Neigung schräg aufsteigenden Rinne von Eisenblech, auf welcher die Kratzerbretter schleifen. Diese sind an verstärkten Winkelgliedern der Kette angeschraubt und leicht auszuwechseln. Die gewöhnlichen Kettenglieder von 100 mm Gliedlänge und 45 mm Gliedbreite haben sich als genügend haltbar erwiesen.

Bei $^5/_4$ m Umfang des Kettenrades und 20 Umdrehungen desselben in der Minute und Entfernung der Kratzerbretter um $^5/_4$ m und 5 Pfd. Kartoffeln als

Transport jedes Kratzerbrettes werden in der Minute 1 Ztr. und in der Stunde 60 Ztr. Kartoffeln befördert."

Die Kartoffelwäsche. In kleinen Fabriken und namentlich dort, wo wegen ungünstiger Raumverhältnisse eine Vorreinigung durch Schwemmen nicht ausführbar ist, muß die Kartoffelwäsche allein die Reinigung der Kartoffeln bewirken. Eine wichtige Konstruktion der Wäsche ist die Hauptbedingung. Wie schon erwähnt geschieht die Reinigung durch fließendes Wasser und die Wäsche muß so eingerichtet sein, daß die schmutzigen Kartoffeln dem Wasserstrom entgegenbewegt werden; auf diese Weise kommt das reinste Wasser stets mit den schon am meisten gereinigten Kartoffeln in Berührung und vollendet so die Säuberung unter möglichster Ausnutzung des Wassres.

Im nachstehenden ist eine typische Bauart der Kartoffelwaschmaschine abgebildet, wie sie im Betrieb der Stärkefabrik gebraucht wird. Die alten ein-



Abb. 36. Eckerts Kartoffelwaschmaschine mit Eisentrog.

fachsten Waschtrommeln, wie sie früher üblich waren, sind allmählich verschwunden und durch zweckmäßigere Vorrichtungen verdrängt worden.

Vorstehende Abb. 36 und 37 zeigen zwei von H. F. Eckert-Berlin-Friedrichsberg der Waschmaschine gegebene Formen. Die Kartoffeln müssen von ihrem Eintritt in den Wassertrog erst eine Stabtrommel passieren, in welcher sie mehrmals herumgeschleudert werden, wodurch sich die anhängenden groben Erdteile an den scharfen Kanten abstoßen und absieben; sie erfahren also vor der eigentlichen Wäsche erst eine besondere Trockenreinigung, durch welche die gröbsten Erdteile entfernt werden. Diese Konstruktion muß als sehr zweckmäßig bezeichnet werden. Bei Waschmaschinen, wo eine solche Siebvorrichtung nicht vorhanden ist, läßt man zweckmäßigerweise die Kartoffeln vor dem Eintritt in die Wäsche über ein besonderes Sieb mit weiten Maschen gehen.

Durch zwei in dem Körper der Trommel befindliche Öffnungen und vor diesen angebrachte Schraubenflächen werden dann die Kartoffeln aus der Stabtrommel in gleichmäßig kleinen Portionen in den Wassertrog geliefert, wo sie,

ununterbrochen abgespült, durch die Rührarme allmählich nach dem entgegengesetzten Ende des Trogs geführt und von der Schöpfscheibe einem Elevator oder direkt der Reibe zugeworfen werden.

Es verdient noch besonders hervorgehoben zu werden, daß die Bedienung dieser Wäsche viel bequemer ist als die der älteren Konstruktionen, weil die Kartoffeln hier von der Stirnseite der Maschine auf einen breiten Rumpf gegeben werden.

Bei dem System Abb. 36 sind sowohl der Trog der Maschine wie die Roste, welche in dem Waschraum einen für den Schlamm durchlässigen, Steine aber über sich sammelnden Zwischenboden bilden, von Eisenguß gefertigt. Bei dem in Abb. 37 nur im Längsschnitt aufgeführten System ist der Waschtrog in Zement gemauert, so daß diesem Teil der Vorrichtung jede beliebige dem Raume angepaßte Länge gegeben werden kann. Im allgemeinen muß die Länge des Waschtroges 4 bis 5 m betragen, wenn eine gute Reinigung der Kartoffeln erzielt werden soll.

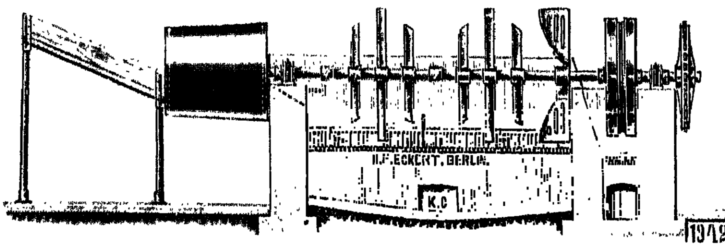


Abb. 37. Eckerts Kartoffelwaschmaschine mit Zementtrog.

In den Lagern müssen auf der Achse befestigte gußeiserne Muffen angebracht werden, welche sich auswechseln lassen, was wegen des schnellen Verschleißes durch den Sand öfter notwendig ist. Wenn diese Muffen nicht vorhanden sind, muß jedesmal die ganze Welle erneuert werden. Ringschmierlager haben sich auch hier besonders bewährt. Die Schaufeln müssen sich einzeln von der Welle abnehmen lassen, also zweiteilige Naben haben.

Die Aufstellung der Wäsche erfolgt am zweckmäßigsten in dem Abladeraum der Kartoffeln und zwar so, daß die gereinigten Kartoffeln in die Reibe fallen.

Andere gute, im Prinzip der Eckertschen ähnliche Konstruktionen, von deren näherer Beschreibung wir mit Rücksicht auf den Raum absehen müssen, sind diejenigen von Aston-Burg, Wagener-Küstrin, Hartmann-Berlin, Schmidt-Küstrin, Jahn-Arnswalde, Uhland-Leipzig u. a.

Eine Kartoffelwäsche, bei welcher auch trotz beschränkten Raumes eine Vorreinigung ermöglicht ist, ist die **Universal-Kartoffelwaschmaschine** von Kletzsch-Dresden.

Die durch D. R. G. M. geschützte Universal-Kartoffelwaschmaschine der Firma Edmund Kletzsch, Maschinenfabrik Coswig i. Sa. ist ganz aus Eisen und Stahl gebaut und besteht in der Hauptsache aus dem in Abb. 39 veranschaulichtem

kreisrundem Bottiche a mit Rührwerk b, Strohrechen o und Siebboden c, dem Schlammkasten d mit Schlammabfluß p, der rotierenden Siebtrommel g mit Transportkörben e und Sandtrog h, dem Wannen-Bottiche i mit Stabrost v, Schlammkasten k und Rührwerk l, dem Elevatortrog n mit Elevatorrolle und der Riemenscheibe mit Welle, Lagern und Zahnrädern zum Antrieb der Rührwerke in den Bottichen a und i und der Siebtrommel g.

Am kreisrunden Bottiche a befindet sich der Wasserabfluß S, bis zu welchem das Wasser angefüllt wird und ist ein Korb-Rost, dessen Konstruktion Verstopfungen ausschließeu soll, vor dem Abflußloch angebracht, damit kleine Kartoffeln nicht mit fortschwimmen können. Das Wasser wird durch die Siebtrommel des Troges h eingelassen, welcher mit dem Bottich a durch den Gang f kommuniziert, wodurch gleichzeitig bewirkt wird, daß die Kartoffeln bei der in der Siebtrommel stattfindenden zweiten Reinigung mit frischem Wasser abgespült werden. Die in den

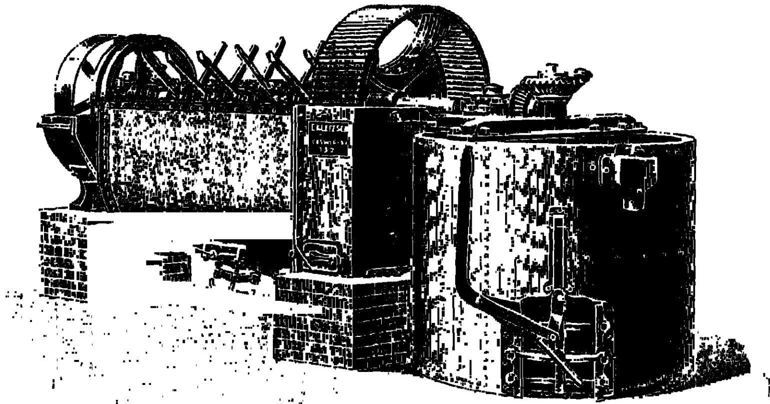


Abb. 38. Universal-Kartoffelwaschmaschine von E. Kletzsch.

Bottich a geschütteten Kartoffeln werden durch das mittelst Winkelräder in kreisende Bewegung versetzte zweiarmige horizontale Rührwerk b durcheinander geworfen, wobei sich durch die Rührwirkung und gegenseitige Reibung der Kartoffeln der denselben anhaftende Schmutz leicht loslöst. Die beiden Arme des Rührwerkes b sind mit senkrechten Stäben durchkreuzt, wodurch die Rühr- und mithin die Reinigungs-Wirkung noch erhöht wird. Der sich von den Kartoffeln loslösende Sand und Schlamm fällt durch den dreiteiligen, leicht herausnehmbaren Siebboden c in den genügend großen Schlammkasten d, die etwa in den Kartoffeln befindlichen Steine sammeln sich infolge ihrer Schwere auf dem Siebboden c an und bilden durch die kreisende Bewegung des Rührwerkes nach gemachten Beobachtungen in Mitte des Bodens ein kleines Häufchen. Ein Transport der Steine durch den Gang f ist ausgeschlossen, weil dieser Gang ein Stück über dem Boden liegt und auch das über dem Boden abstehende Rührwerk die Steine nicht wieder erfassen kann. Das stets zu oberst schwimmende, mit den

Kartoffeln in den Bottich a gelangte Stroh, wird von dem durch die Hälfte des Bottichs a reichenden Rechen o aufgefangen. Der Rechen besteht aus einer Anzahl verstellbarer senkrechter Stifte, mit Haken, wodurch das Stroh durch die kreisende Bewegung des Wassers dem Rechen zugeführt, von demselben aufgefangen wird und leicht entfernt werden kann.

Die flachen senkrechten Stäbe des Rührwerkes b sind schräg gestellt, so daß neben der Rühr- eine schneckende Wirkung eintritt und die Kartoffeln durch den Gang f nach der Siebtrommel g transportiert werden. Bevor die Kartoffeln durch den Gang f nach der Siebtrommel g gelangen, findet in jedem Falle erst genügende Vorreinigung statt, weil die Kartoffeln in die Mitte des Bottichs eingeschüttet werden, durch die kreisende Bewegung des Wasserstrudels einen mehrmaligen Rundgang machen müssen, bevor sie an den äußeren Bottichrand ge-

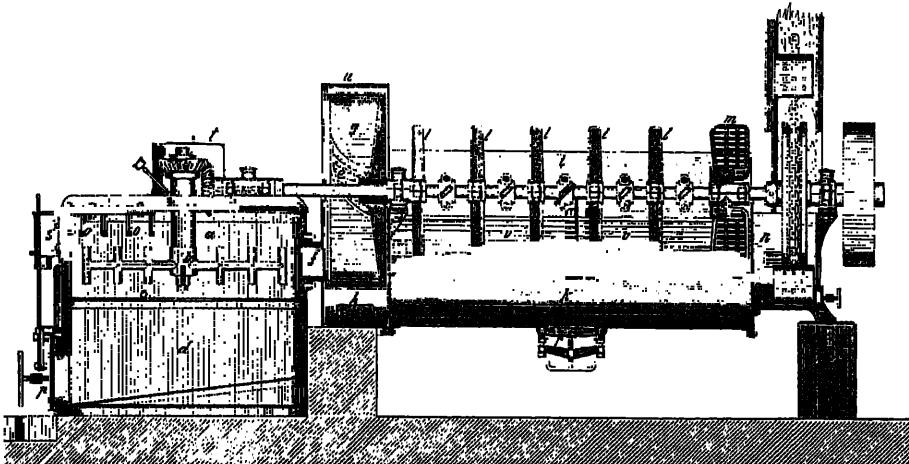


Abb. 39. Universal-Kartoffelwaschmaschine von Kletzsch. Durchschnitt.

langen und die schwimmenden Kartoffeln erst durch Nachschütten weiterer Kartoffeln zu dem ein Stück unter dem Wasserspiegel liegendem Gang f gedrängt werden. Genügende Vorreinigung wird in jedem Falle erzielt und erfolgt übrigens gründliche Nach- und Schlußreinigung in der rotierenden Siebtrommel g und im Wannen-Bottiche i.

Die rotierende Siebtrommel g besitzt ringsumlaufenden Stabrost, die daran befestigten beiden Fangkörbe e und dreht sich im Trommeltrog h. Die in die Trommel transportierten Kartoffeln werden durch deren rotierende Bewegung infolge gegenseitiger Reibung einer zweiten Reinigung unterworfen, wobei der Schmutz durch den Trommelrost in den Trog h fällt, während die Kartoffeln mittelst Körben e nach dem Wannen-Bottich i übergeworfen werden.

Im Wannen-Bottiche i werden die Kartoffeln nunmehr einer dritten Reinigung unterzogen. Durch eine eiserne Zwischenwand sind Trommeltrog h und Wannen-Bottich i voneinander getrennt, so daß sich das von den Vor-

waschungen sehr schmutzige Wasser mit dem des Bottichs i nicht vermischen kann und saubere Nachwaschung erzielt wird. Durch die senkrecht angeordneten Rührstäbe l werden die Kartoffeln letztmalig durchgearbeitet, hierbei von allem noch anhaftenden Schmutz, welcher durch den mehrteiligen, leicht herausnehmbaren Rost v in den Sandtrog h fällt, gänzlich befreit, durch die schneckende Wirkung der schräg stehenden Rührflügel weiter transportiert und durch die Überwurfschaufeln m auf die Rinne nach der Reibe befördert. Die Rührflügel l und die Überwurfschaufeln m sind sehr kräftig gehalten und zum leichten Abnehmen aus 2 Teilen verschraubt. Durch die bewirkte zweimalige Vorreinigung erübrigt es sich völlig, daß der zur Nachwaschung dienende Wannen-Bottich i besonders große Länge haben muß, um eine gut gereinigte Kartoffel zu erzielen.

Zum Ablassen des Schlammes und des schmutzigen Wassers ist am Schlammkasten d des Bottichs a, woselbst die größte Schmutz-Ansammlung stattfindet, ein Schlammschieber angebracht, durch dessen Konstruktion das Schlamm- und Wasserablassen, selbst während des Waschens der Kartoffeln ermöglicht ist. Durch einfachen Handdruck an einem großen Griffhebel wird durch den Schieber, welcher in einem Rahmen geführt ist, das Schlammloch geöffnet oder geschlossen. Zwecks Dichthaltens ist in die Schieberführung im Rahmen Gummischnur eingelegt. Um eventuell während des Waschens sehr schmutziger Kartoffeln ein kontinuierliches Schlammablassen zu ermöglichen, hebt man den Schieber nur ein kleines Stück und spannt ihn mit der im Bügel befindlichen Griffschraube fest. Beim Ablassen des Wassers und Schlammes nach beendigtem Waschen wird der ganz gehobene Schieber mittelst Vorsteckers befestigt. Der Boden im Schlammkasten d ist, wie aus Abb. 39 ersichtlich, schief gestellt, wodurch infolge des kreisrunden Bottichs nach dem Schlammschieber zu, eine Trichterform gebildet wird, damit das dicke schlammige Wasser bequem abläuft und der festgesetzte Schlamm leicht entfernt werden kann. Am Sandtrog h befindet sich ein durch Griffschraube leicht zu lösender Verschlußdeckel und am Schlammkasten k des Wannen-Bottichs befinden sich 1—2 Schlammverschlüsse r, durch welche Vorrichtungen das schmutzige Wasser abgelassen werden kann. Große Schlamm-Ansammlungen kommen hier nicht mehr vor, weil der Schmutz in der Hauptsache im Schlammkasten d der runden Vorwäsche abgelagert wird.

Der Antrieb der Waschmaschine erfolgt mittelst Riemscheibe beim Elevatorkasten n, wobei mit der durch die ganze Wäsche laufenden wagerechten Welle das Rührwerk l des Wannenbottichs i, die Siebtrommel g und mittelst Winkelräder das Rührwerk b des Bottichs a in Bewegung gesetzt wird. Die horizontale Welle ist dreimal und möglichst lang gelagert und die vertikale Welle des Bottichs a ist völlig überbüchst, was zu ruhigem, leichten Gange beiträgt. Zur bequemen genügenden Ölung sind überall Öler oder Staufferbüchsen angebracht. Der Winkelräderantrieb des Rührwerkes b ist mit einer Schutzvorrichtung f überkapselt. Der Kraftbetrieb der Universal-Waschmaschine ist gering und keinesfalls größer wie bei einer langen Wäsche in Wannenform. Die Ausführung der Wäsche erfolgt für jede gewünschte Leistung und liegen die gangbarsten Größen zwischen 2000—5000 kg stündlicher Leistung.

Die Arbeitsweise der Universal-Kartoffel-Waschmaschine mit Elevator ist kurz folgende: Nachdem mittelst Einrückvorrichtung Elevator, beide Rührwerke und Siebtrommel der Waschmaschine in Bewegung gesetzt, sowie beide Bottiche bis an das obere Abflußloch S mit Wasser, welch letzteres beiden Bottichen getrennt zufließt, gefüllt worden sind, werden die Kartoffeln in den Bottich a geschaufelt, vom Rührwerk b erfaßt und durch die dabei stattfindende Reibung von Schmutz und Stroh befreit, welch ersterer durch den Siebboden c in den Schlammkasten d fällt, während letzteres an dem Rechen o hängen bleibt und die Steine sich infolge ihrer Schwere auf dem Siebboden c ansammeln. Das Rührwerk b transportiert die Kartoffeln durch den Gang f in die Siebtrommel g, wo sie durch deren rotierende Bewegung einer zweiten Reinigung unterzogen

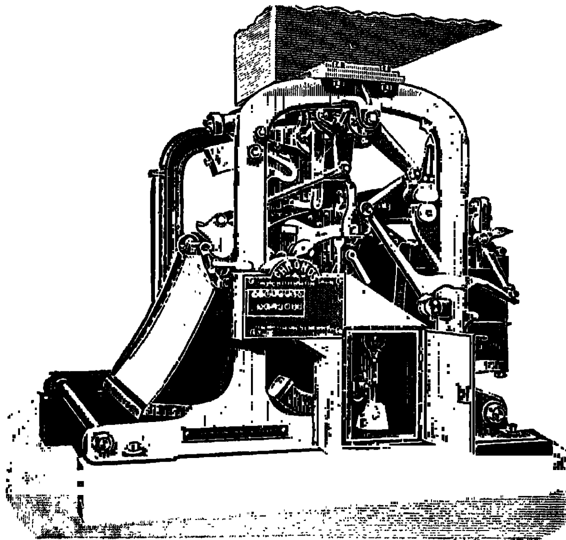


Abb. 40. Automatische Kartoffelwage von C. Reisert-Hennef a. S.

und von den Trommelkörben in den Bottich i geworfen werden, welcher frisches Wasser enthält. Hier werden die Kartoffeln vom Rührwerke l erfaßt, von allem etwa noch anhaftenden Schmutz, welcher durch den rostartigen Boden in den Sandkasten k fällt, gänzlich befreit und durch die schneckende Bewegung des Rührwerkes l mittelst Überwurfschaufeln m auf die Rinne befördert, um von dort auf die Kartoffelreibe zu fallen.

Zur genauen Kontrolle des täglich verarbeiteten Kartoffelquantums empfiehlt es sich, zwischen Wäsche und Reibe eine automatische Wage einzuschalten. Solche Wagen sind z. B. Kattentidts selbsttätige Wage mit Zählwerk, A. C. Herrmanns selbsttätige Wage mit zweikammerigem Schwinggefäß, P. Bartkes selbsttätige Kartoffelwage und C. Reiserts automatische Kartoffelwage. Letztere, wie Abb. 40 zeigt, konstatiert und registriert nicht nur die fortlaufenden Aus-

schüttungen, sondern auch die durch Ungleichmäßigkeit der Zuführung entstehenden Abweichungen (Übergewicht) genau und zuverlässig.

II. Die Zerkleinerung der Kartoffeln und die Zerkleinerungsapparate.

Nachdem die Kartoffeln möglichst gut mittelst der Kartoffelwäsche gereinigt sind, gelangen sie auf Apparate, welche die Kartoffeln zerreiben.

Das Zerreiben hat den Zweck, die Kartoffeln in einen gleichmäßigen Brei zu verwandeln, in welchem jede einzelne Kartoffelzelle zerrissen ist. Je vollkommener diese Zerreißung erfolgt, um so besser wird sich die ganze weitere Verarbeitung gestalten. Da die Stärkekörner in der Kartoffel in den Zellen eingeschlossen sind, so ist es notwendig, die die Stärkekörner einschließende Zellmembran zu zerreißen, um die Stärke zu gewinnen. Je mehr Zellen zertrümmert werden, desto mehr Stärke wird man erzielen. Die beste Zerkleinerungsmaschine wird daher diejenige sein, welche möglichst alle Kartoffeln zerreißt.

Da nun die in Anwendung befindlichen Zerkleinerungsapparate immer noch nicht unwesentliche Mengen von Kartoffelzellen unaufgeschlossen lassen, und jede unzerrissene Kartoffelzelle gleichbedeutend mit einem Stärkeverlust ist, so hat man sich in der Weise zu helfen gesucht, daß man den Kartoffelbrei, nachdem er auf Sieben vom Fruchtwasser und von der freigemachten Stärke getrennt ist, nochmals einer sogenannten Nachzerkleinerung unterwirft. Die Zerkleinerung der Kartoffeln zerfällt daher in die Vor- und Nachzerkleinerung.

Als Zerkleinerungsapparate dienen Reiben und Breimühlen, letztere nur zur Nachzerkleinerung. Die Kartoffelreibe ist eine liegende, schnell rotierende zylindrische Trommel, deren Außenmantel eine Reibefläche aus Sägeblättern zusammengesetzt bildet, welche gegen einen stellbaren feststehenden Reibeklotz arbeitet und hierdurch die Kartoffeln zerreibt. Ein eisernes Gehäuse umgibt die Trommel und verhindert ein Verspritzen des Reibsels. Durch einen Schüttrumpf gelangen die Kartoffeln auf die Reibfläche der in der Minute ca. 1000 Umgänge machenden Trommel und werden sofort in einen faserigen Brei verwandelt.

Durch die große Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel, welche mittelst einer oder besser zwei der Trommelwelle aufsitzender Riemscheiben in Bewegung gesetzt wird, wird der Brei nun in den engen Raum zwischen dem Reibklotz und dem Trommelmantel eingesaugt, wird hier noch feiner zerkleinert und gelangt schließlich in eine unter der Trommel befindliche Grube, die sogenannte Reibselgrube. Durch nachbrausendes Wasser, welches einer über der Trommel in dem Gehäuse angebrachten Brause entströmt, wird der Brei schnell und ohne stark zu schäumen, aus der Reibe in die Grube gespült. Die Reiben werden nach zwei Systemen ausgeführt, entweder als Außenreibe oder als Innenreibe, letztere dient aber nur zur Nachzerkleinerung als Breimühle.

Von den verschiedensten Konstruktionen der Außenreiben sollen hier genannt werden die: Sägeblattreibe von W. Angele,
Compoundreibe von H. Schmidt,
Kartoffel-Reibmaschine von Dr. Malinsky u. Prokop.

Die **Sägeblattreibe** von W. Angele (Abb. 41) besteht aus einem gußeisernen zweiteiligen Gehäuse mit innenliegender Reibetrommel, welche einen Durchmesser von 550—600 mm und eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 800

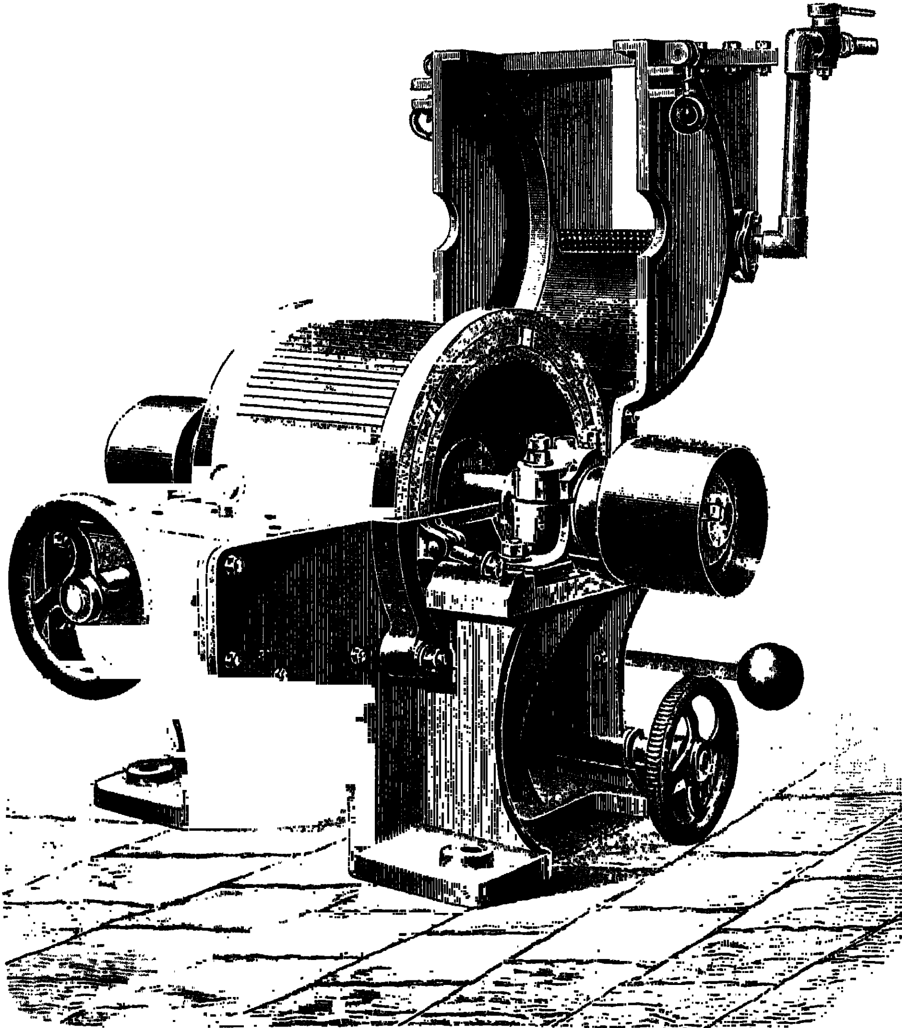


Abb. 41 Sägeblattreibe von W. Angele.

bis 1000 Umdrehungen in der Minute hat. Die Trommel ist mit stählernen Sägeblättern von 7—8 Zähnen auf den Zentimeter besetzt und läuft dicht gegen zwei hölzerne Reibeklötze, welche beide unabhängig voneinander gestellt werden können, und von denen der eine 140 mm hoch, der andere 95 mm breit und

45 mm hoch ist. Der erste Reibekloß bewirkt eine Vorzerkleinerung, der zweite eine Nachzerkleinerung. Das Reibsel wird durch den Mantel gezwungen beide Reibeklötze zu passieren, bevor es in die Reibselgrube gelangt.

Saare lobt bei dieser Reibe das feine Reibsel und den fast geräuschlosen Gang.

Die **Compoundreibe** von H. Schmidt (Abb. 42) ist sowohl eine Außenreibe als auch eine Innenreibe und bezweckt, ohne besondere Nachzerkleinerung ein feines Reibsel zu liefern. H. Schmidt sucht dies dadurch zu erreichen, daß er zwischen die Unterseite der Reibtrommel und der Reibselgrube einen Einsatz aus Stahlblech legt, welcher wie ein Reibeisen aufgehauen ist, und zwar so, daß je eine Öffnung nach außen, die daneben liegende nach innen geschlagen ist.

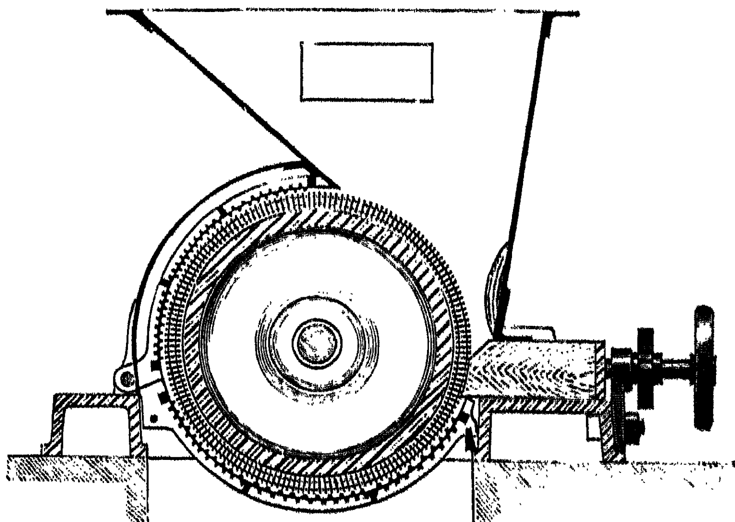


Abb. 42. Compoundreibe von H. Schmidt.

Dadurch wird erreicht, daß die nach innen stehenden Reibzähne das Reibsel noch mehr zerreißen, die nach außen stehenden nur genügend feines Reibsel durchlassen.

In der Zeichnung Abb. 42 ist eine Compoundreibe von 400 mm Trommeldurchmesser in 1 : 10 der natürlichen Größe dargestellt. Die Außenreibe wird gebildet durch die Trommel, den Reibekloß und den Schüttkasten; die Innenreibe durch die Trommel mit ihren vorstehenden Reibezähnen und den durchbrochenen Reibemantel. Der letztere muß auf einem Teil des Umfanges fehlen, um die Anbringung des Schüttkastens mit Einwurf und des Reibeklotzes zu ermöglichen.

Die zu reibenden Kartoffeln werden in den Schüttkasten geworfen und genau wie bei der einfachen Außenreibe durch die Trommel an dem Reibekloß zerrieben. Der gewonnene Brei fällt aber dann nicht direkt in die durch das Fundament gebildete Reibselgrube, aus der er nach den Sieben gepumpt wird,

sondern muß noch die Innenreibe passieren, wobei die gröberen Fasern noch zerrissen werden, und kann nur durch die Spalten des Reibmantels die Reibe verlassen und in die Grube fallen. Sollten noch Kartoffelstückchen oder gröbere Fasern vorhanden sein, welche beim ersten Umgang nicht durch die Mantelöffnungen austreten konnten, so werden dieselben von der Trommel noch einmal nach dem Schüttkasten befördert und mit den einfallenden Kartoffeln gerieben.

Diese Konstruktion des Reibemantels ist aus der nachstehenden Zeichnung (Abb. 43) in 1 : 2 der natürlichen Größe zu ersehen.

Derselbe wird entweder aus Sägeblättern oder aus Reibeblech gebildet, wie solches bei der Fescaschen Reibe verwandt wird, mit dem Unterschiede, daß bei diesen Reibeflächen, um das Austreten des Reibsels zu ermöglichen, ein Teil der Löcher nach außen geschlagen ist, wie das auch in der Zeichnung ersichtlich wird. Dem Verstopfen der Austrittsschlitze ist Schmidt dadurch entgegengetreten, daß er dieselben, wie aus der Zeichnung hervorgeht, nach außen

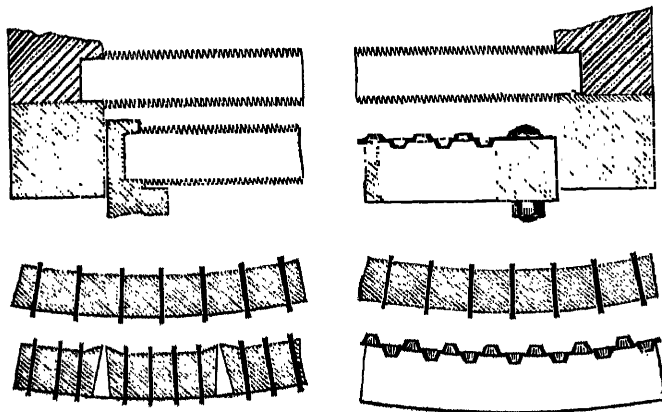


Abb. 43.

hin sich erweiternd herstellte, so daß das Reibsel sich nicht mehr in ihnen festkeilen kann.

Der Hauptvorteil dieser Reibe ist darin zu suchen, daß eine einzige Maschine die Vor- und Nachzerkleinerung des Reibsels ausführt.

Über die Leistung der Compoundreibe teilt Saare in der „Zeitschrift für Spiritusindustrie" vom 12. Juni 1899 folgendes mit:

„Die Compoundeinrichtung, wie sie zu den Versuchen diente, war ein um die Reibe gelegter Mantel von Siebblech, bei welchem abwechselnd ein Aufhau nach innen, der nächste nach außen usw. erfolgt war. Die nach innen gerichteten Aufhaue sollten das Zerkleinern des Reibsels befördern, die nach außen gerichteten dem genügend zerkleinerten Reibsel den Austritt in die Reibselgrube gestatten. Dies Siebblech war der Reibtrommel und ihrem Gehäuse so angepaßt, daß alle gröberen Stücke, welche die nach außen gerichteten Aufhaue nicht passieren konnten, immer wieder über die Reibtrommel hin und zwischen den Reibkloß

hindurch gerissen wurden, bis sie zum Austreten genügend zerkleinert waren. Dadurch, daß der Compoundeinsatz leicht (nach Aufwinden der Reibtrommel) zu entfernen war, und durch eine sehr praktische Anordnung der Befestigung des zurücklegbaren Gehäuses war es möglich, den Compoundeinsatz ohne großen Zeitaufwand beliebig einzusetzen und wegzulassen, wodurch wiederum leicht ein Versuch mit und ohne Compoundvorrichtung als Kontrolle ermöglicht wurde.

Die Reibtrommel hatte einen Durchmesser von 400 mm und war mit neuen Sägeblättern (18 Zähne auf den Zoll) belegt. Es wurden nun vier Versuche angestellt und zwar:

A. 1. gut montierte Reibe mit fein eingestelltem Reibklotz ohne Compoundeinsatz,
2. ebenso mit Compoundeinsatz;

B. 3. schlecht montierte Reibe (mehrere Sägeblätter standen weit vor, und in verschiedenen waren Löcher wie von Steinen eingeschlagen) ohne Compoundeinsatz,
4. ebenso mit Compoundeinsatz.

Zu jedem der vier Versuche wurden 10 kg vorher gewaschener und gut abgetrockneter Kartoffeln gleicher Qualität (17,7—17,9% Stärkegehalt) genau abgewogen und in gleichmäßiger Weise so etwa, daß auf eine Stunde ca. 1 Wispel verarbeitet worden wäre, in die Reibe gebracht, welche vorher auf das sorgfältigste gereinigt war. Das Reibsel wurde in der völlig leeren Reibselgrube aufgefangen und durch ein klargepumptes Rohr in ein Petroleumfaß abgepumpt und solange nach völliger Aufbringung der Kartoffeln Wasser durch die Reibe gelassen, bis dasselbe völlig stärkefrei aus der Pumpe lief; auch das Waschwasser kam mit in das Petroleumfaß. Die ganze hier gesammelte Masse wusch ich dann erst durch ein großes Sieb (Nr. 24) und die hiervon abfließende Milch durch ein feines Sieb (Seidengaze Nr. 15). Die reine Milch wurde in einem zweiten Petroleumfaß aufgefangen, am nächsten Tage abgehebert und die Stärke auf Filtern gesammelt, schließlich getrocknet und gewogen. Die völlig ausgewaschene Pülpe wurde bei 1 und 2 von beiden Sieben gereinigt, bei 3 und 4 getrennt (grobe auf Sieb Nr. 24 bleibende, feine auf Seidensieb bleibende Pülpe), getrocknet und gewogen. Durch Bestimmung der absoluten Trockensubstanz in den lufttrocknen Produkten konnte dann festgestellt werden, wieviel absolut trockene Stärke und wieviel absolut trockene Pülpe in jedem Falle gewonnen war. Die Summe beider gab die angewandte Menge Trockensubstanz (mit Ausnahme der löslichen Bestandteile der Kartoffel) in den 10 kg Kartoffeln, welche zu jedem Versuche verwandt wurden. In der Pülpe wurde dann noch auf chemischem Wege die Menge der nicht freigemachten Stärke bestimmt und aus der Summe dieser und der freigemachten die in Gesamtheit bei dem Versuch auf die Reibe gebrachte Stärke und daraus der Prozentsatz der in jedem Falle durch die Reibe davon mit und ohne Compundeinsatz freigemachten Stärke ermittelt.

Dabei ergaben sich nun folgende Zahlen in absoluter Trockensubstanz:

A. Gute Reibe	1. ohne Compoundeinsatz	2. mit Compoundeinsatz
Pülpe	395,5 g	356,3 g
Freigemachte Stärke	1521,9 „	1563,0 „
	1917,4 g	1919,3 g

B. Schlechte Reibe	3. ohne Compoundeinsatz	4. mit Compoundeinsatz
Pülpe, grob	446,5 g	346,1 g
„ fein	42,8 „	46,3 „
Freigemachte Stärke	1428,4 „	1532,5 „
	1917,7 g	1924,9 g.

Diese Zahlen zeigen erstens, daß die Versuche mit richtigen Durchschnittsproben der Kartoffeln ausgeführt wurden, denn der Gehalt derselben an Trockensubstanz schwankte nur von 19,17—19,25, also um 0,08 %. Daraus geht hervor, daß die daraus gezogenen Schlüsse Anspruch auf Zuverlässigkeit zu machen berechtigt sind.

Ferner zeigen diese Zahlen, daß sowohl bei feingestellter Reibe als auch bei schlecht montierter der Compoundeinsatz die Menge der aus demselben Kartoffelquantum freigemachten Stärke nicht unwesentlich erhöht, was sich des weiteren noch augenfälliger herausstellen wird. Es wird dies auch noch durch den Umstand gestützt, daß bei den Versuchen 3 und 4, bei Benutzung des Compoundeinsatzes, sich eine größere Menge feinen Reibsels zeigt als ohne ihn. Aber auch äußerlich zeigte sich dieser Unterschied sehr deutlich. Während nämlich das Reibsel von Versuch 3 (schlecht montierte Reibe *ohne* Einsatz) *sehr grob*, wie von einer Raspelhiebreibe, war und *viele* und *große Schwarten* (Kartoffelstücke) enthielt, war das Reibsel von 4 (schlecht montierte Reibe *mit Einsatz*) *schwartenfrei* und viel *feiner*, wenn auch nicht ganz so fein wie das von Versuch A. 1 und 2. Das Reibsel bei diesen Versuchen war beide Male sehr fein, da die Reibe auch ohne Einsatz schon recht gut arbeitete.

Betrachten wir nun die Ergebnisse der Versuche speziell mit Rücksicht auf die Mengenverhältnisse an freigemachter und nicht freigemachter Stärke, so ergibt sich, wenn wir als gebundene Stärke die noch in den Zellen der Pülpe eingeschlossene nicht gewinnbare, bezeichnen:

A. Gute Reibe	1. ohne Compoundeinsatz	2. mit Compoundeinsatz
Freigemachte Stärke	1521,9 g	1563,0 g
Gebundene Stärke	246,0 „	223,0 „
	1785,9 g	1786,0 g
Von der Gesamtstärke freigemacht	85,22 %	87,51 %.

B. Schlechte Reibe	3. ohne Compoundeinsatz	4. mit Compoundeinsatz
Freigemachte Stärke	1428,4 g	1532,5 g
Gebunden in grober Pülpe . .	320,5 „	238,0 „
„ „ „ „ . .	24,0 „	25,6 „
	1772,9 g	1796,1 g
Von der Gesamtstärke freigemacht	80,57 %	85,22 %.

Aus diesen Zahlen geht erstens wieder hervor, daß die Probenahme der 20 Pfd. Kartoffeln eine richtige war, soweit dies überhaupt möglich ist bei praktischen Versuchen, denn der Stärkegehalt schwankte nur zwischen 17,73—17,96, d. h. um nur 0,23%, während er bei 1 und 2 genau übereinstimmt.

Ferner zeigen aber die Prozentzahlen an freigemachter Stärke, die aus je 100 g der bei den einzelnen Versuchen in den Kartoffeln dargebotenen Gesamtstärke gewonnen wurden, deutlich die Leistungsfähigkeit des Compoundeinsatzes. Denn während bei schlechter Reibvorrichtung allein nur 80,57% der dargebotenen Stärke gewonnen wurden, wurde mit dem Compoundeinsatz der Gewinn auf 85,32%, also um rund 5% gesteigert und auf die Höhe der Leistung einer gut montierten Reibe ohne Compoundeinsatz gebracht (85,22%). Aber auch bei dieser gut arbeitenden Reibe ist der Compoundeinsatz von Vorteil, denn er steigerte die Ausbeute noch von 85,22 auf 87,51%, also um 2¼% der gesamten dargebotenen Stärkemenge.

Übersichtlicher für den Praktiker stellen sich diese Resultate, wenn ich sie in der Weise darstelle, daß ich aus obigen Prozentzahlen berechne, wieviel Stärke in Gestalt von handelstrockener Ware (20% Wasser) und von feuchter Stärke (50% Wasser) aus Kartoffeln mit 20% Stärkegehalt erhalten wurden. Die nachstehende Tabelle gibt diese Zahlen.

	Freigemacht aus 100 Ztr. 20prozent. Kartoffeln trockene Stärke Ztr.	feuchte Stärke Ztr.
A. 1. Gute Reibe ohne Compoundeinsatz	21,3	34,1
2. Gute Reibe mit Compoundeinsatz	21,9	35,0
B. 3. Schlechte Reibe ohne Compoundeinsatz	20,1	32,2
4. Schlechte Reibe mit Compoundeinsatz	21,3	34,1

Bei schlecht behandelter und beaufsichtigter Reibe ist die Compoundeinrichtung demnach im stande, die Ausbeute von 100 Ztr. Kartoffeln um 1,9 Ztr. feuchter oder um 1,2 Ztr. trockener Stärke zu steigern und auf die Höhe zu bringen, die eine gut arbeitende Reibe allein erzielt.

Aber auch die Leistung einer gut arbeitenden Reibe wird durch den Compoundeinsatz noch gehoben, und zwar bewirkt derselbe bei gut besorgter Reibe immer noch eine Steigerung der Ausbeute von 100 Ztr. Kartoffeln um 0,9 Ztr. feuchter oder 0,6 Ztr. trockener Stärke.

Vergleichen wir nun diese Angaben mit den früher für Reiben verschiedener Konstruktionen nebst Mahlgang gemachten. Dort fand sich, daß gewöhnliche Sägeblattreiben von 100 Ztr. 20prozent. Kartoffeln frei machten 20,6—21,1 Ztr. trockener oder 33,0—33,8 Ztr. feuchter Stärke; d. h. die damals erhaltenen Leistungen einfacher Reiben stimmen sehr schön überein mit der hier angegebenen Zahl (34,1). Der Mahlgang machte aus dem Reibsel einer guten Sägeblattreibe nach der damaligen Untersuchung weiter noch frei von 100 Ztr. Kartoffeln 0,4 Ztr. trockener oder 0,6 Ztr. feuchter Stärke, also sogar 0,2 Ztr. trockene oder 0,3 Ztr. feuchte Stärke weniger als bei diesen Versuchen der Compoundeinsatz.

Bei der früheren Untersuchung fand sich nur eine Sägeblattreibe, welche mehr leistete als alle übrigen, nämlich von 100 Ztr. Kartoffeln 22,0 Ztr. trockener oder 35,3 Ztr. feuchter Stärke. Diese Reibe hat einen sehr großen Trommeldurchmesser (54 cm) und eine dreifache Anordnung von Reibklötzen. Diese Reibe befand sich in einer sehr großen Fabrik und wurde sehr sorgfältig behandelt. Dennoch reicht die Leistung des Compoundeinsatzes mit kleiner gewöhnlicher Sägeblattreibe fast an ihre Leistung heran.

Bei schlechter Reibe (Raspelhiebreibe) fand sich bei der damaligen Untersuchung, daß von 100 Ztr. Kartoffeln freigemacht wurden 18,7 Ztr. trockener oder 29,9 Ztr. feuchter Stärke, und daß der Mahlgang nachträglich aus dem schwartenfreien Reibsel noch 2,3 Ztr. trockene oder 3,7 Ztr. nasse Stärke frei machte, daß also Reibe und Mahlgang zusammen eine Ausbeute von 21,0 Ztr. trockener oder 33,6 Ztr. feuchter Stärke gaben, daß der Mahlgang annähernd das gut machte, was die Reibe gegenüber einer guten Reibe versäumt hatte. Wir sahen bei den jetzigen Versuchen, daß der Compoundeinsatz die Nachteile einer schlechten Reibe völlig ausgleicht und die Ausbeute auf die Höhe einer guten Reibe bringt.

Es ist hier noch anzuschließen, daß der Mehrverbrauch an Maschinenkraft, welcher durch die Einfügung des Compoundeinsatzes bedingt wird, ein verhältnismäßig geringer ist. Bei vergleichenden Indikatorversuchen belief sich dieser Mehrverbrauch auf nur 1,2 indizierte Pferdestärken. Auf den Mahlgang sind nach den früheren Versuchen 1,5—2 Pferdestärken zu rechnen.

Gegen die Compoundvorrichtung ist geltend gemacht worden, daß die Gefahr leichter Verstopfung der den Austritt des feinen Reibsels gestattenden Aufhaue eintreten könne. Ich habe die Reibe mit Compoundeinsatz einige Tage hindurch, ohne daß eine Verstopfung eingetreten wäre, arbeiten sehen, obwohl die Reibe stark belastet wurde, was daraus hervorgeht, daß sie bei Indikatorversuchen 5,2 Pferdestärken gebrauchte.

Bei den Versuchen selbst zeigte sich auch, wie leicht und vollständig der Compoundeinsatz durch Wasserdurchlassen durch die Reibe gereinigt werden kann, und wie endlich bei wirklich einmal eintretender Verstopfung in kurzer Zeit (ca. 20 Min.) der Einsatz gewechselt werden kann.

Ich fasse hiernach mein Urteil über die Leistungsfähigkeit der Compoundreibe dahin zusammen:

„Nach den von mir vorgenommenen Versuchen ist die Compoundreibe von H. Schmidt in Cüstrin im stande, den Mahlgang völlig zu ersetzen, indem sie bei schlechter Reibe die Fehler der letzteren ausgleicht, bei guter Reibe deren Wirkung erhöht.

Sie ist der Einrichtung mit Reibe und Mahlgang vorzuziehen, weil ihre Anschaffung billiger,[1]) die Arbeit mit ihr einfacher und sicherer und der Mehr-

[1]) Die Kosten der Anschaffung belaufen sich bei einer Compoundreibe von 400 mm Trommeldurchmesser und 250 mm Schnittbreite auf ca. 600 M, während eine gewöhnliche Reibe ca. 400—500 M, ein Mahlgang ca. 750 M, also beide zusammen ca. 1150 bis 1250 M kosten.

verbrauch an Maschinenkraft etwas geringer ist als bei dem Mahlgang, wenn derselbe auf wirklicher Leistungsfähigkeit erhalten wird."

Die **Kartoffel-Reibmaschine** von Dr. Malinsky u. Prokop (Abb. 44) beschrieben Saare und Vogelsang in der Ztsch. f. Sp. 1901 Nr. 45 nach vorgenommener Prüfung wie folgt: „Der Gedanke, welcher die Erfinder leitete, war, durch eine zweckentsprechende Gestaltung des Reibklotzes das Auftreten von Kartoffelstücken (Schwarten) im Reibsel vollständig zu verhindern.

Bei der bisher üblichen Art der Ausführung der Reibklötze und ihrer Wirkung auf die gezähnte Trommeloberfläche der Sägeblattreiben war es selbst bei kleinstem Zwischenraum zwischen dem Reibklotz und den Spitzen der Sägeblätter möglich, daß Schwarten mit hindurchschlüpften, indem letzte Reste der zerriebenen Knollen sich in den Raum zwischen den über die glatte Oberfläche der Reibtrommel hervorragenden Sägeblätterzähnen je zweier Nachbarblätter einlagern und durch dieselben geschützt am Reibklotz vorbeigleiten konnten.

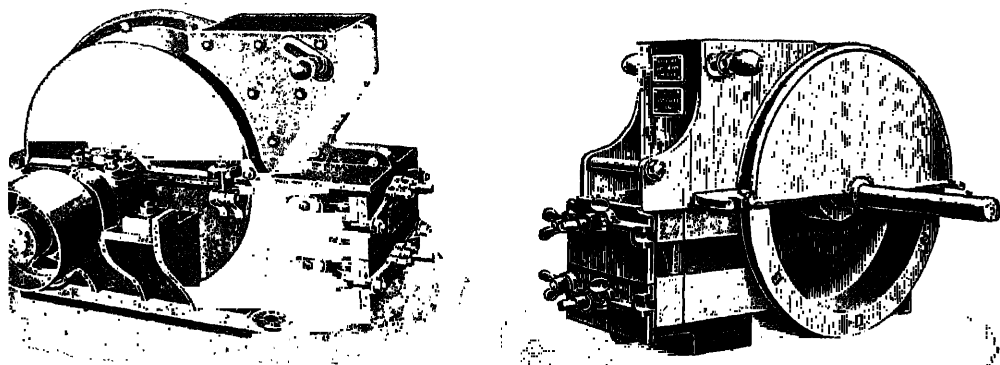


Abb. 44. Kartoffel-Reibmaschine von Dr. Malinsky u. Prokop.

Zu vermeiden war dies nur durch Anwendung eines elastischen Reibklotzes, welcher während der Arbeit bis auf die glatte Fläche der Reibtrommel sich eindrückte, ohne durch Abnutzung während der Arbeit kleiner zu werden. Die Anwendung gewöhnlicher elastischer Stoffe, wie Kautschuk u. a., verbot sich aber, weil ein solcher Reibklotz die Reibtrommel zu stark gebremst hätte.

Daher kamen die Erfinder auf den Gedanken, das erzeugte Reibsel selbst zur Bildung eines elastischen Reibklotzes heranzuziehen, welcher auch den Vorteil bietet, daß er während der Arbeit keine Abnutzung erfährt, da er sich stets selbst aus dem nachfolgenden Reibsel erneuert und so der Oberfläche der Reibe anpaßt, wie es in jedem Augenblicke erforderlich ist, ohne daß eine zu weitgehende Bremsung erfolgen kann, da er aus keinem starren Stoffe gebildet ist.

Die Bildung eines solchen Reibklotzes, der zum Teil aus Reibsel selbst besteht, wurde nun einfach dadurch erreicht, daß die Reibe zwei übereinander liegende Reibklötze erhielt, welche voneinander um etwa ihre eigene Höhe ab-

stehen,[1]) so daß in den so hergestellten Zwischenraum zwischen beiden sich nach kurzer Zeit des Reibens eine Wulst von Reibsel einlagert, welche durch die andrückende Kraft der sich drehenden Trommel immer fester eingepreßt wird und ein weiches Polster bildet, das bis auf die Reibfläche heranreicht und infolgedessen einen engeren Schluß zwischen den verschiedenen Reibeblättern herstellt, als dies bei dem starren Holzklotz möglich ist, in welchem sich gewöhnlich bestimmte Rinnen bilden, so daß nicht alle Sägeblattzähne genauen Anschluß finden.

Der obere Klotz beseitigt die gröbsten Teile, das Reibselpolster bewirkt feinste Zerkleinerung, und der untere Klotz dient ihm als Stütze.

Es genügt schon, wenige Zentner Kartoffeln durch die Reibe zu schicken, um das Reibselpolster so fest zu machen, daß es feinstes Reibsel liefert. Im Laufe längerer Benutzung der Reibe soll sich dasselbe zu einer sehr festen und harten, aber immer noch genügend elastischen Masse verdichten; ob dies letztere aber überhaupt notwendig und erwünscht ist, erscheint doch fraglich.

Die Abbildung zeigt einmal die Reibe in ihrer äußeren Gestalt, und andererseits die Anordnung der beiden Reibklötze. Die Abbildung läßt auch erkennen, daß, abgesehen von der Anbringung der Reibklötze, die Reibe in ihrer Konstruktion den gewöhnlichen Reiben gleicht.

Abweichend von diesen ist nur noch die Lage der Wasserbrause. Bei der gewöhnlichen Reibe liegt dieselbe über der Reibtrommel. Diese Lage ist für die Malinskysche Reibe nicht anwendbar, weil von oben zuströmendes Wasser durch die starke Drehung der Reibtrommel mit großer Gewalt gegen das Reibselpolster zwischen den Holzklötzen geschleudert, das Polster in kurzer Zeit vollständig auswäscht. Es ist daher die Wasserbrause unterhalb des unteren Holzklotzes eingeführt.

Ausführung der Versuche. Zu den Versuchen wurden drei Kartoffelsorten benutzt, zwei rote und eine weiße, deren Stärkegehalt nach der Kartoffelwage gefunden wurden zu:

Daber	22,2 %
Imperator	19,2 „
Wohltmann	17,1 „

Es kamen also Kartoffelsorten mit verschieden starker Schale und Stärkegehalten zur Verarbeitung, welche über 5 % voneinander abwichen, und endlich wurden Daber und Imperator im Januar, Wohltmann dagegen erst im Mai verarbeitet.

Von diesen drei Kartoffelsorten wurden je 1 Ztr.

1. auf der der Versuchsstärkefabrik gehörigen Angeleschen Reibe mit 450 mm Durchmesser und 900 Umdrehungen in der Minute und nach dem Auswaschen der freigemachten Stärke das verbleibende Reibsel

[1]) Bei der geprüften Reibe war der oberste Klotz 65 mm, der untere 90 mm hoch und der Raum zwischen beiden 70 mm.

auf dem Mahlgang, einem Unterläufer von 915 mm Durchmesser und 250 Umdrehungen in der Minute, verrieben;

2. auf einer Malinskyschen Reibe von 600 mm Durchmesser und gleicher Umdrehungszahl, bei welcher durch vorheriges Reiben von mehreren Zentnern derselben Kartoffelsorte der Reibselwulst hergestellt war und ein Nachspülen vor und nach dem Verreiben des einen Zentners unterlassen wurde, so daß in der Reibe soviel Reibsel nach Durchschicken des einen Zentners Kartoffeln zurückblieb, wie vorher von den zur Wulstbildung nötigen Kartoffeln zurückgeblieben war.

Das erzielte Reibsel war der äußeren Beurteilung nach in beiden Fällen fein und schwartenfrei.

Das gewonnene Reibsel wurde in beiden Fällen auf dem kleinen Siebapparate der Versuchsfabrik völlig von auswaschbarer Stärke befreit. Derselbe besteht aus zwei übereinander angeordneten Schüttelsieben, von denen das eine mit Drahtgaze Nr. 35 belegt wurde, das andere mit feiner Seidengaze, so daß die Pülpe in grobe, die auf Nr. 35 zurückblieb, und feine. welche auf dem Seidensiebe sich sammelte, getrennt wurde.

Die Pülpe wurde getrocknet, lufttrocken gewogen, gemahlen und in dem Pulver der Trockensubstanzgehalt und der Stärkegehalt festgestellt, so daß aus den gewonnenen Zahlen sich berechnen ließ, wieviel Gramm wasserfreier grober und feiner Pülpe aus 50 kg Kartoffeln jedesmal erhalten wurden und wieviel Gramm wasserfreier Stärke in beiden als gebundene Stärke zurückgeblieben war.

Die von dem Feinsieb abfließende Stärkemilch wurde in einem großen Quirlbottich gesammelt, mit Wasser jedesmal auf gleiche Höhe der Wassersäule verdünnt und aufgequirlt. Nach dem Aufziehen des Qirles wurde nach einer Stunde Absitzen die noch im Fruchtwasser schwebende Stärke mit diesem in einen anderen Bottich abgelassen und dort zum Absitzen gebracht. Die nach einer Stunde im ersten Quirl abgesetzte Stärke wurde als I. Produkt, die in dem zweiten abgesetzte als II. Produkt bezeichnet. Beide wurden mehrmals gewaschen zur Entfernung des Fruchtwassers, dann getrocknet und lufttrocken gewogen. In einem Teil wurde die Menge der wasserfreien Stärke durch Trocknen bei 120° C. bestimmt und daraus die Menge der gewonnenen wasserfreien Stärke I. und II. Produktes berechnet.

Es wurden so die in der Tabelle I zusammengestellten aus je 50 kg Kartoffeln erhaltenen absoluten Gewichte an Pülpe und Stärke in Gramm gewonnen.

(Siehe Tab. I S. 207.)

In Tabelle II sind die Zahlen dann umgerechnet auf Zentner wasserfreier Pülpe und Stärke, welche aus je 100 Ztr. Kartoffeln erhalten wurden.

(Siehe Tab. II S. 208.)

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß die Unterschiede zwischen den bei derselben Kartoffelsorte gefundenen Zahlen für die Gesamtmenge wasserfreier Pülpe (Zeile 3) nur geringe Schwankungen zeigen, welche 0,35% nicht übersteigen, und

Tabelle I.

Aus 50 kg Kartoffeln erhalten	Daber Kartoffelwage = 22,2 % Stärke		Imperator Kartoffelwage = 19,2 % Stärke		Wohltmann Kartoffelwage = 17,1 % Stärke	
	Reibe und Mahlgang g	Malinskys Reibe g	Reibe und Mahlgang g	Malinskys Reibe g	Reibe und Mahlgang g	Malinskys Reibe g
(Wasserfrei)						
1. Grobe Pülpe .	2 677	2 268	1792	1515	1988	1904
2. Feine Pülpe .	244	523	246	466	160	324
3. Gesamtpülpe .	2921	2791	2038	1981	2148	2228
4. Stärke in grober Pülpe . . .	1 758	1 468	1158	998	1246	1058
5. Stärke in feiner Pülpe . . .	153	330	147	292	84	167
6. **Gesamtstärke in Pülpe** . .	**1911**	**1798**	**1305**	**1290**	**1330**	**1225**
Freigemachte Stärke:						
7. I. Produkt. .	7 932	8 400	7680	7292	4269	4662
8. II. Produkt .	1 313	904	826	920	2742	2298
9. **Gesamtstärke, freigemacht** .	**9245**	**9304**	**8506**	**8212**	**7011**	**6960**
10. Vorhandene Stärke insgesamt. . . .	11 156	11 102	9811	9502	8341	8185

daß dasselbe für die in der Pülpe in nicht geöffneten Zellen zurückgehaltene Menge „gebundener" Stärke (Zeile 6) gilt, bei welcher die Abweichungen höchstens 0,23 % betragen. Auch die Gesamtmengen der freigemachten und gewonnenen, wasserfreien Stärke (Zeile 9) zeigen nur bei Imperator eine Schwankung von 0,6 %, welche aber, wie aus Zeile 10 ersichtlich ist, darauf zurückzuführen ist, daß die beiden Kartoffelproben, welche zur Verarbeitung gelangten, nicht ganz gleich in ihrem Stärkegehalt waren, sondern darin um 0,6 % voneinander abwichen. Bei den beiden anderen Kartoffelsorten betragen die Schwankungen nur 0,1—0,2 %, welche innerhalb der zulässigen Fehler für eine solche technische Untersuchung liegen.

Es ist aber bei der Pülpe nicht nur die gesamte Pülpemenge, welche zurückblieb, bestimmt, sondern auch die grobe Pülpe von der feinen, welche durch Drahtgaze Nr. 35 hindurch ging, getrennt worden. Dabei ergibt sich, daß bei allen drei Kartoffelsorten die Menge der feinen Pülpe bei der Verarbeitung mit der Malinskyschen Reibe höher, die der groben geringer ist als bei der Arbeit

Tabelle II.

100 Ztr. Kartoffeln geben	Daber Kartoffelwage = 22,2 % Stärke		Imperator Kartoffelwage = 19,2 % Stärke		Wohltmann Kartoffelwage = 17,1 % Stärke	
	Reibe und Mahlgang Ztr.	Malinskys Reibe Ztr.	Reibe und Mahlgang Ztr.	Malinskys Reibe Ztr.	Reibe und Mahlgang Ztr.	Malinskys Reibe Ztr.
(Wasserfrei)						
1. Grobe Pülpe .	5,35	4,54	3,58	3,03	3,98	3,81
2. Feine Pülpe .	0,59	1,05	0,49	0,93	0,32	0,65
3. Gesamtpülpe .	5,94	5,59	4,07	3,96	4,30	4,46
4. Stärke in grober Pülpe .	3,52	2,94	2,32	2,00	2,49	2,12
5. Stärke in feiner Pülpe . . .	0,31	0,66	0,29	0,58	0,17	0,33
6. **Gesamtstärke in Pülpe** . .	**3,83**	**3,60**	**2,61**	**2,58**	**2,66**	**2,45**
Freigemachte Stärke:						
7. I. Produkt. .	15,86	16,80	15,36	14,58	8,54	9,32
8. II. Produkt .	2,63	1,81	1,65	1,84	5,48	4,60
9. **Gesamtstärke, freigemacht** .	**18,49**	**18,61**	**17,01**	**16,42**	**14,02**	**13,92**
10. Insgesamt vorhandene Stärke	22,32	22,21	19,62	19,00	16,68	16,37

mit gewöhnlicher Reibe und Mahlgang. Deutlicher zeigt dies die nachfolgende Zusammenstellung, bei welcher angegeben ist, wieviel Prozente von der Gesamtpülpemenge grobe und feine Pülpe waren.

Von 100 Teilen Pülpe waren	Daber		Imperator		Wohltmann	
	Reibe und Mahlgang	Malinskys Reibe	Reibe und Mahlgang	Malinskys Reibe	Reibe und Mahlgang	Malinskys Reibe
Grob	90	81	90	81	92	85
Fein	10	19	10	19	8	15

Hiernach zerreibt die Malinskysche Reibe die Kartoffel nicht unwesentlich feiner als gewöhnliche Reibe und Mahlgang zusammen. Es ist hierdurch die theoretische Erwägung der Erfinder der neuen Reibe auch praktisch erwiesen.

Vergleicht man die durch Zusammenzählung der insgesamt gewonnenen und der in der Pülpe verbliebenen Stärke erhaltenen Zahlen für den wirklichen Stärkegehalt der Kartoffeln in der Zeile 10 der Tabelle II mit den durch die Kartoffelwage festgestellten (am Kopf der Tabelle), so ergibt sich, daß dieselben bei Daber, der stärkereichsten Kartoffel, sehr gut übereinstimmen, bei Imperator für den einen Fall auch, für den anderen nur bis auf 0,4 %, so daß hier, wie schon angedeutet, wohl eine nicht ganz genaue Durchschnittsprobe vorliegt. Dagegen weichen die Zahlen für Wohltmann von der Angabe der Kartoffelwage bis zu 0,7 % ab, stimmen aber unter sich genügend überein. Als Erklärung dafür kann dienen, daß Wohltmann erst im Mai zur Verarbeitung kam, also voraussichtlich bei dem langen Lagern einen höheren Zuckergehalt gebildet hatte.

Übersichtlicher wird das Verhältnis zwischen der gebundenen und freigemachten Stärke, sowohl in der Gesamtheit der letzteren, als auch in ihrer Trennung in erstes und zweites Produkt durch die nachfolgende Zusammenstellung, welche angibt, wie viel Teile Stärke von je 100 Teilen zur Verarbeitung gekommener Stärke in der Pülpe zurückgehalten, wieviel freigemacht sind und I. und II. Produkt gegeben haben.

Von 100 Teilen zur Verarbeitung gelangter wasserfreier Stärke sind	Daber 22,2 % Stärke		Imperator 19,2 % Stärke		Wohltmann 17,1 % Stärke	
	Reibe und Mahlgang	Malinskysche Reibe	Reibe und Mahlgang	Malinskysche Reibe	Reibe und Mahlgang	Malinskysche Reibe
in der Pülpe geblieben . . .	17,2	16,2	13,3	13,6	15,9	15,0
freigemacht insgesamt . . .	82,8	83,8	86,7	86,4	84,1	85,0
davon I. Produkt	71,0	75,6	78,3	76,7	51,2	57,0
II. Produkt	11,8	8,2	8,4	9,7	32,9	28,0

Es zeigt sich hier deutlich, wie gering die Schwankungen zwischen den von der Malinskyschen Reibe und den von der gewöhnlichen Reibe zusammen mit dem Mahlgang freigemachten und in der Pülpe zurückgelassenen Stärkemengen sind, denn dieselben überschreiten 1 % nicht und schlagen bei Daber und Wohltmann zu Gunsten der Malinsky-Reibe aus.

Hinsichtlich der Verteilung der gewonnenen Stärke auf I. und II. Produkt zeigen sich zwischen den beiden Zerkleinerungsarten keine sehr erheblichen Schwankungen, wenn man bedenkt, daß die Trennung durch einstündiges Absitzenlassen auf allzu große Genauigkeit Anspruch nicht erheben kann. Es ist daher nach den Zahlen ein Schluß dahin nicht mit Sicherheit zu ziehen, ob durch mehr langfaseriges Zerreißen bei Malinsky und feines Zerfetzen bei dem Mahlgange die Menge feinster, auch durch das Seidengazesieb gehender Faser bei letzterer Arbeitsart größer und hindernder für das Absetzen der Stärke ist, zu

welchem Zwecke diese Trennung geschah. Bei Daber und Wohltmann ist die Menge des I. Produktes 4—5 % höher, bei Imperator dagegen 1 % niedriger Malinskyschen Reibe gegenüber der anderen Arbeitsweise.

Auffällig ist aber der große Unterschied in dem Verhältnis vom I. zum II. Produkt bei Wohltmann gegenüber den beiden anderen Sorten. Derselbe ist nur auf das längere Lagern dieser Kartoffelsorte zurückzuführen. Es ist der Praxis ja bekannt, daß spät verarbeitete Kartoffeln sehr schwer absitzende Stärke geben.

Das Ergebnis der obigen Betrachtungen ist nun in kurzen Worten zusammengefaßt:

> eine Malinskysche Reibe von 600 mm Trommeldurchmesser leistet nach den vorliegenden Versuchen bezüglich der Freimachung von Stärke aus Kartoffeln verschiedener Beschaffenheit und wesentlich verschiedenen Stärkegehalts das Gleiche, wie eine gewöhnliche Reibe von 450 mm Durchmesser zusammen mit einem gut arbeitenden Mahlgang.

Es ist ferner aber noch der Kraftverbrauch in beiden Fällen in Betracht gezogen worden. Nach Messungen unseres Ingenieurs, Herrn Haack, betrug der Kraftverbrauch der Angeleschen Reibe in üblicher Menge mit Kartoffeln belastet 2,4 Pferdestärken, und diejenige des Mahlganges 2,9 Pferdestärken. Beide Maschinen zusammen erfordern also eine Kraftleistung von 5,3 Pferdestärken. Dagegen stellte sich der Kraftverbrauch der Malinskyschen 600 mm-Reibe je nach dem stärkeren oder weniger starken Anziehen der Reibklötze auf 2,5—3,3 und also rund auf 3 Pferdestärken.

> Die Malinskysche Reibe arbeitet also bei gleicher technischer Leistung mit einer ganz erheblichen Kraftersparnis gegenüber einer gewöhnlichen Reibe mit Mahlgang.

Für die Malinskysche Reibe fällt dann ferner ins Gewicht, daß sie höhere Unkosten als eine andere Reibe bei ihrer Unterhaltung nicht erfordert und dazu die nicht unerheblichen Unkosten der Instandhaltung des Mahlganges (Schärfen, Rauhen usw.) erspart.

Als Endergebnis der geschilderten Versuche ergibt sich also:

> „Die Malinskysche Kartoffelreibe mit 600 mm Trommeldurchmesser ist im Stande, unter sehr wesentlichen Ersparnissen an Betriebskosten eine gleich hohe Ausbeute an Stärke zu liefern wie eine gewöhnliche mittelgroße Sägeblattreibe zusammen mit einem gut arbeitenden Mahlgange."

Saare bemerkt am Schlusse seines Berichts, daß die Versuche sich nur auf eine kurzdauernde Wirkung der Malinskyschen Reibe erstreckten. Eine Bestätigung des günstigen Urteils über die Leistung der Reibe durch die Praxis ist jedoch dem Verfasser bisher nicht bekannt geworden.

Die Innenreiben unterscheiden sich von den Außenreiben dadurch, daß die zu zerreibenden Kartoffeln nicht gegen eine in Umlauf befindliche Reibfläche gedrückt werden, sondern daß sie durch Zentrifugalkraft gegen eine festliegende

Reibfläche geschleudert werden. Eine solche Innenreibe ist die **Champonnois' Reibe oder Flügelreibe.** (Abb. 45 und 46.)

Bei dieser Reibe stellt die Reibfläche einen Hohlzylinder dar, in welchen die Kartoffeln gebracht und durch eine an einer Welle befestigte und in rascher Rotation begriffene Schaufel gegen die nach innen gezahnte Wandfläche geworfen werden. Die Wandfläche wird durch eine große Anzahl von stählernen, sägblattartig geschärften Schienen, deren Zähne dem Innenraum des Zylinders zugekehrt sind, und dazwischen gelegte Holzleisten gebildet, wobei jede Schiene von zwei

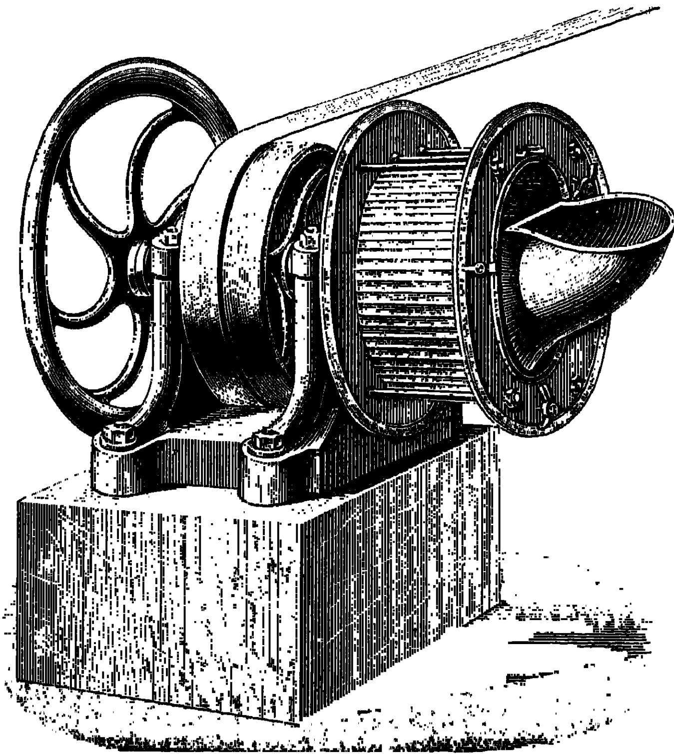


Abb. 45. Flügelreibe. (Vollansicht.)

Holzleisten begrenzt ist und von diesen so gehalten wird, daß nur die Schärfung der Zähne dazwischen hervorragt. Die Schienen und Leisten sind der Achse des Zylinders parallel gelagert. Zwischen je einem oder mehreren Seitenpaaren wird ein Abstand von 1,5 mm Weite gelassen, so daß eine große Anzahl von Schlitzen durch die Zylinderwanderung hindurchgeht, durch welche der Brei, vermöge der Zentrifugalkraft und durch gleichzeitig eingespritztes Wasser hindurchpassiert und, von einem der Reibzylinder umhüllenden Blechmantel gesammelt, in ein Reservoir gelangt. Den Innendurchmesser des Zylinders macht man ge-

wöhnlich 300 mm groß, die Sägeblätter haben eine Länge von 200 mm und die Schaufel macht 900—1000 Touren in der Minute. Die Leistung der Reibe beträgt 1300 kg Kartoffeln pro Stunde.

Über das richtige Funktionieren der Reibe hat bereits Saare in der Ztschr. f. Sp. 1891, S. 229 sehr beachtenswerte Mitteilungen gemacht. Nach Saare ist es erforderlich, daß die Sägeblätter alle gleich hoch aus den Einlagen hervorragen, denn ein einzelnes vorstehendes Sägeblatt schlägt den Reibkloß mehr ab als die andern, so daß letztere nicht mehr an denselben heranreichen und grobes Reibsel durchgehen kann. Die Sägeblätter sollen nur mit den Zähnen und zwar im allgemeinen nicht über 1 mm weit hervortreten. Von Zeit zu Zeit muß die Trommel umgedreht und rechtzeitig mit neuen Sägeblättern belegt werden. Die Höhe des Reibklotzes soll 80—100 mm betragen. Es ist am

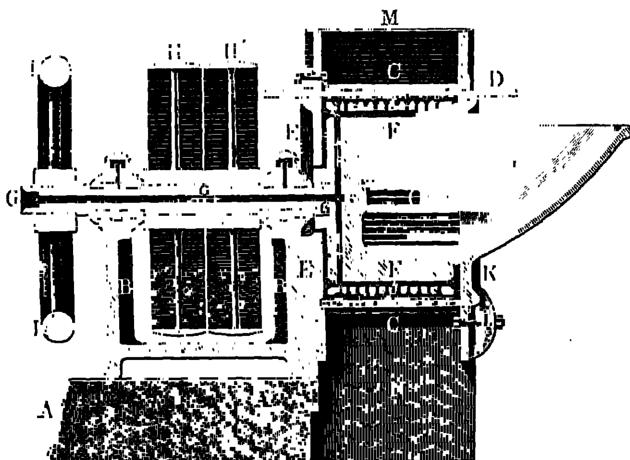


Abb. 46. Flügelreibe. (Querschnitt.)

besten aus kurzfaserigem Holz (Eichenholz oder Birkenholz) herzustellen und mit einer soliden Führung und Anziehung durch Schrauben zu versehen. Die obere Fläche des Klotzes muß verlängert gedacht, durch die Achse der Reibtrommel gehen, nicht über oder unter derselben durch. Je größer der Durchmesser der Trommel ist, um so feiner wird das Reibsel. Kleinere und mittlere Fabriken benutzen am besten Reiben mit einem Durchmesser von 400—500 mm. Von dem Durchmesser der Trommel und von der Breite der Reibfläche ist die Leistungsfähigkeit der Reibe abhängig. Nach Saare beträgt die Leistung pro 10 mm Breite (Länge des Sägeblattes) bei 400 mm Trommeldurchmesser ca. 50 kg Kartoffeln pro Stunde.

Eine Reibe mit 400 mm Durchmesser und 250 mm Länge der Sägeblätter leistet demnach 1250 kg Kartoffeln in der Stunde. Wie schon erwähnt werden bei der ersten Zerkleinerung der Kartoffeln nicht alle Kartoffelzellen zerrissen, ein nicht unwesentlicher Teil der Zellen entgeht den scharfen Zähnen der Reibe. Zur Gewinnung der in diesen Zellen eingeschlossenen Stärke

muß nun das Reibsel einer Nachzerkleinerung unterworfen werden. Das geschieht nun in der Weise, daß das Reibsel vor der Nachzerkleinerung einen Extrakteur (Auswaschsieb) mit verhältnismäßig großer Lochung passiert. Die feinen Faserteilchen gehen mit der Stärkemilch hindurch und werden später durch die Raffiniersiebe abgeschieden und nur die gröberen Teile, welche einer nochmaligen Zerkleinerung bedürfen, kommen in den Nachzerkleinerungsapparat. Nach Uhlands Wochenschrift XIX. Jahrg. Nr. 38 wird dadurch die Zerkleinerung der feinen Fasern nicht zu weit getrieben. Die durch das Nachzerkleinern freigewordene Stärke wird auf einem zweiten Extrakteur mit feinerer Lochung ausgewaschen, so daß auch hier nur ein gewisser Teil kleinerer Fasern mit der Stärkemilch auf die Raffiniersiebe gelangt.

Werden die Kartoffeln in einer Doppelreibe gleich von vornherein sehr fein zerkleinert, so nimmt das Reibsel eine schmierige Beschaffenheit an und ist bedeutend schwerer auszuwaschen als weniger stark zerkleinertes. Ein großer Teil der Fasern wird viel weiter zerrissen als notwendig ist und läßt sich nur schwierig aus der Stärkemilch entfernen. Der erste Extrakteur muß mit einer feineren Lochung versehen sein, da sonst der größte Teil des Reibsels durch die Sieblöcher hindurchgehen würde. Dadurch wird die Extraktion bedeutend erschwert und ist ein Verlust an auswaschbarer Stärke die Folge.

Es ist also für industrielle Betriebe, in welchen es auf möglichst hohe Ausbeute ankommt, nicht praktisch, auf eine Nachzerkleinerung zu verzichten. Dagegen ist für kleinere landwirtschaftliche Betriebe, in welchen größte Einfachheit und geringer Kraftbedarf Bedingung ist und wo es weniger auf hohe Ausbeute ankommt, die Anwendung einer Doppelreibe oder einer Reibe mit einfachem Kloß zu empfehlen.

Als Nachzerkleinerungsapparate verwendet man Apparate verschiedener Konstruktion. Außer der oben beschriebenen Flügelreibe werden auch gewöhnliche Sägeblattreiber zur Nachzerkleinerung benutzt allerdings nicht immer mit gutem Erfolge. Als besondere Breimühlen sind zu nennen, der Mahlgang, die Feinfasermühle von H. Schmidt-Cüstrin, die Kegelmühle von Uhland-Leipzig, und die Breimühle von J. Martens-Frankfurt a. O.

Der **Mahlgang** (Abb. 47) besteht aus zwei Mahlsteinen, aus Lavastein, Karpathenstein oder Quarz-Kunststein, von denen der obere drehbar, der untere feststehend ist. Die Zerkleinerung des Reibsels geschieht zwischen den dicht aneinander gestellten Steinen unter stetem Zufluß von Wasser, indem das Reibsel in der Mitte des Steines eintritt und durch Zentrifugalkraft nach außen geschleudert wird.

Nach Saare sind in Bezug auf die Konstruktion des Mahlganges folgende Punkte zu beachten:

1. Die Steine müssen eine Größe von 1,00—1,50 m Durchmesser haben. Steine von 0,6—0,9 m Durchmesser sind zu klein. Eine höhere Tourenzahl vermag den Fehler nicht gut zu machen.

2. Die Welle (Mühleisen) muß stark genug und am festen Steine mit einer Stopfbüchse versehen sein.

3. Als zweckmäßigste Tourenzahl sind 150 Umgänge in der Minute anzusehen.

4. Der Hau (Aufhängeeisen des Läufers) muß sehr genau eingesetzt sein, damit der Läufer genau horizontal hängt. Ein fester Hau muß eingebleit oder eingeschwefelt, nicht eingegipst werden. Gips ist in Wasser löslich und ein Lockerwerden des Haues bringt ernste Gefahren mit sich. Man zieht jetzt vielfach den sogenannten Kugelhau vor, eine Gelenkkonstruktion, bei welcher der Stein sich von selbst horizontal stellt.

5. Der feste Stein muß durch Stellschrauben unter ihm ebenfalls genau horizontal einzustellen sein.

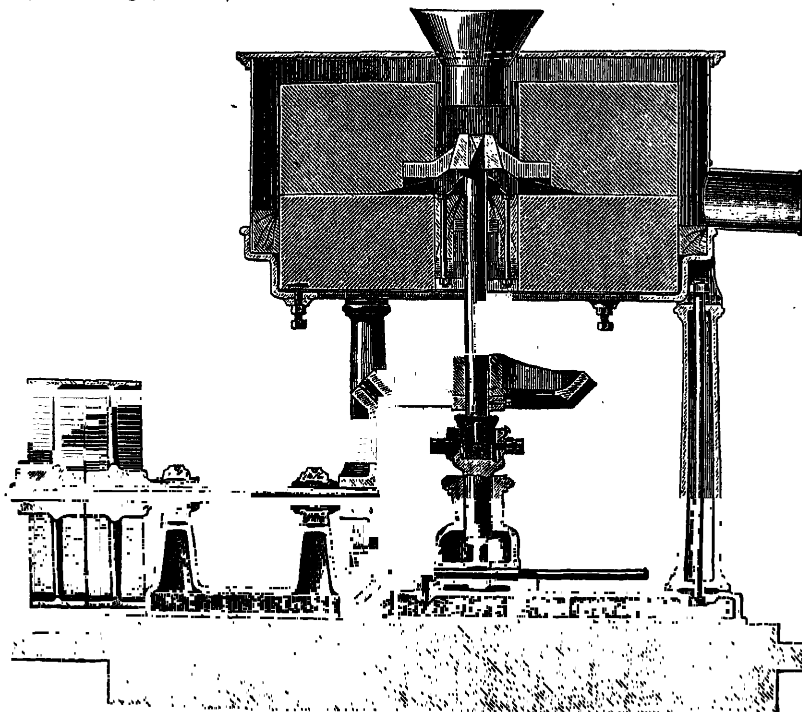


Abb. 47. Mahlgang von H. Schmidt-Cüstrin.

6. Es muß eine Vorrichtung (Zange mit Schraube) zum leichten Abheben und Umdrehen des Läufers zu neuem Schärfen vorhanden sein.

7. Der Aufbau des Steines wird zweckmäßig so gestaltet, daß ein sehr weiter flacher Trichter ausgehauen wird. Denselben führt man soweit zum Rande, daß an diesem ein glatter Ring von 8—16 cm bleibt, je nachdem der Durchmesser des Steines 1 oder 1,50 m beträgt. In den Trichter können dann noch drei oder vier tiefe Hauptgänge (10—12 cm anfangs tief), welche bis zu dem platten Rande spitz auslaufen, gerade oder sichelförmig aufgehauen werden, um die einsaugende Wirkung zu erhöhen. Der Rand wird von Zeit zu Zeit gerauht.

Hinsichtlich der Behandlung des Mahlganges macht Saare auf folgende Punkte aufmerksam:

Die Steine müssen genau horizontal aufeinander laufen. Dazu ist ein richtiges Auswiegen des festen Steines mit den drei Stellschrauben und eine genaue senkrechte Einpassung der Welle in den Läufer (bei festem Hau) erforderlich. Legt man das Ohr an den Mantel des Mahlganges, so darf man nur ein schleifendes Geräusch hören. Jedes stoßende Geräusch deutet auf ein Aufschlagen der Steine hin. Da in diesem Falle die Steine an einer Seite zu weit voneinander abstehen, so kann hier einerseits grobes Reibsel durchgehen, andererseits werden die Steine ungleichmäßig abgenutzt.

Das auf den Mahlgang gelangende Reibsel muß möglichst vollkommen ausgewaschen sein. Reibsel, das noch viel unausgewaschene, aber freigemachte Stärke enthält, fühlt sich schmierig an, während gut ausgewaschenes sich ballt und rauher erscheint. Es wird besser vom Stein gefaßt und auch besser zerrieben.

Der Wasserzufluß ist derart zu regulieren, daß ein Heraussteigen des Reibsels aus dem Steine nicht eintritt. Bei zu viel Wasser gleitet das Reibsel leichter durch die Reibflächen, ohne gefaßt zu werden.

Die Steine müssen längstens alle vier Wochen nachgeschärft werden. In größeren Fabriken wird der Stein alle vierzehn Tage geschärft. Zur Verhütung von Unfällen muß der Mahlgang entsprechend gesichert sein.

Ein richtig konstruierter und richtig behandelter Mahlgang weist nach Saare eine genügende Leistung auf, um seine wegen des Kraftverbrauches und öfteren Schärfens ziemlich kostspielige Unterhaltung lohnend erscheinen zu lassen. Es ergab sich beispielsweise, daß durch einen Mahlgang pro Wispel $3^1/_2$ kg lufttrockene Stärke gewonnen wurden. Das würde bei einer Arbeit von 20 Wispel pro Tag $1^1/_2$ Zentner Stärke ausmachen.

Die ungemein sorgfältige und penible Behandlung, welche der Mahlgang erfordert, führte dazu, daß man sich nach Apparaten zum Ersatze desselben umgesehen.

Die **Feinfasermühle** besteht aus zwei eigentümlich geriffelten, senkrecht stehenden Gußstahlscheiben, von denen die eine feststeht, die andere rotiert. Das Reibsel tritt von der Peripherie aus zwischen die Mahlflächen und wird durch hydraulischen Druck der Zentrifugalkraft entgegen zwischen den Mahlflächen nach der Mitte getrieben, um von da aus der Mühle auszutreten. Die gröberen Faserstücke werden von der Zentrifugalkraft stets nach außen geworfen und unterliegen der wiederholten Bearbeitung durch die Mahlflächen so lange, bis sie entsprechend zerkleinert sind und dem Mahlstrome folgen können. Damit ein Freilaufen bei unregelmäßiger Speisung der Mühle verhindert werden kann, ist im Fülltrichter ein Schwimmer angebracht, welcher durch eine Hebelvorrichtung mit einem Ventil im Abflußrohre derart verbunden ist, daß der Abfluß vom Zuflusse aus geregelt wird. Hört der Zufluß im Fülltrichter auf, so senkt sich der Schwimmer und schließt das Ventil, so daß die Mühle sich nicht entleeren kann; umgekehrt wird bei erneutem Zuflusse der Schwimmer gehoben und das Ventil geöffnet.

Durchschnittlich erfordert die Feinfasermühle bei mittlerer Geschwindigkeit vier Pferdestärken. Ihre Leistung ist nach Saare gleich der des Mahlganges.

Die **Kegelmühle** besteht aus einem Mahlkegel aus Hartguß, welcher in einem Gehäuse rasch rotiert. Der Mahlkegel ist, ebenso wie das ihn umgebende

Gehäuse, der ebenfalls aus Hartguß bestehende Kegelmantel, mit entsprechenden Riffeln versehen. Zur Stellung des Kegels für das gröber oder feiner Mahlen dient ein Handrädchen. Der Antrieb erfolgt durch eine Riemenscheibe. Über der Eintrittsöffnung des Kegelmantels befindet sich ein Rumpf, der mit einem Verteilungsapparat versehen ist. Durch eine geeignete Anordnung von Schrägleisten an der breiteren Auswurfsseite wird die Zuführung und das Austreten des Mahlgutes aus dem Kegelmantel durch die Austrittsöffnung vermittelt. Die Zerkleinerung erfolgt durch gegenseitiges Zerreiben der zu mahlenden Materialien.

Die **Breimühle** von J. Martens besteht aus einem senkrecht stehenden Mahlgang. In dem Gehäuse der Mühle ist an der Vorderwand die feststehende, ringförmige Mahlscheibe angeordnet, die bewegliche Mahlscheibe ist an einer auf einer Welle drehbaren Scheibe befestigt. Diese am besten aus Metall bestehende Scheibe trägt mitten innerhalb des Mahlringes eine Kreiselpumpe, welche den Zweck hat, den in der Mitte durch einen Trichter zugeführten Brei gleichmäßig über die ganze Mahlfläche zu verteilen.

Bezüglich der Leistung der Zerkleinerung hat Saare festgestellt, daß auch bei den besten Apparaten immer noch verhältnismäßig große Mengen Stärke der Gewinnung verloren gehen. Er fand, daß bei ausgesuchtester Arbeit in dem ausgewaschenen durchgearbeiteten Reibsel (Pülpe) in der Trockensubstanz noch 50% Stärke, bei guter Arbeit noch 60%, bei mittlerer Arbeit noch 70% und bei schlechter Arbeit noch 80% Stärke enthalten sind. Bei der Annahme, daß 100 Ztr. Kartoffeln 4 Ztr. wasserfreie Pülpe geben, gehen demnach mindestens 2 Ztr. Stärke in der Pülpe verloren. Die Versuche, das Reibsel noch feiner zu zerkleinern scheitern daran, daß mit der noch feineren Zerkleinerung, die technisch wohl durchführbar ist, auch die Faserteilchen so fein werden, daß sie auch durch die feinste Seidengaze gehen und dann nicht mehr vollständig von der Stärke getrennt werden können. Einen anderen Weg, die letzten Reste von Stärke aus der Pülpe zugewinnen, hat Saare eingeschlagen, indem er versuchte durch Verrotung oder Vergärung der Faser durch Bakterien die Stärke freizumachen. Ein praktisch verwertbares Ergebnis haben diese im kleinen ausgeführten Versuche allerdings nicht gegeben.

III. Das Auswaschen der freigelegten Stärke und die Auswaschapparate.

Die von der Reibe und weiter von den Breimühlen zerkleinerten Kartoffeln bilden einen Brei, das Reibsel, welches aus einem Gemisch von mit Wasser verdünntem Fruchtsaft, freien Stärkekörnern und der zerrissenen Kartoffelfaser, der Pülpe, besteht. Zur Abscheidung der Stärke von dem Brei bedient man sich verschiedener Siebvorrichtungen, auf welche der Brei mittelst Pumpe gehoben und auf welchen er unter Zufluß von Wasser ausgewaschen wird. Bei dieser Behandlung gehen die Stärkekörner mit dem verdünnten Fruchtwasser in Form einer Milch (Stärkemilch) durch die Siebmaschen und die Pülpe bleibt auf denselben zurück.

Die Trennung der Stärke von der Pülpe wird in zwei Abschnitten bewirkt. Zuerst wird die Stärke ausgewaschen, indem das Reibsel auf Auswasch-

apparate (Siebe) gebracht wird, die mit Messinggaze von gröberer Lochung bespannt sind, oder deren Siebfläche aus gelochtem Kupferblech besteht. Bei diesem ersten Auswaschen wird aus dem Grunde eine gröbere Lochung gewählt, damit außer der Stärke und Wasser auch noch die feinen Faserteilchen, die bei feinerer Lochung das Sieb verstopfen würden, mit hindurchgehen. Durch Anwendung von Sieben, welche mit Drahtgaze oder Seidengaze von feinerer Lochung bespannt sind, wird dann im zweiten Abschnitt die Stärke von der feinen Faser ebenfalls durch Auswaschen getrennt. Man benutzt also Vorsieb und Nachsieb. Als Vorsieb oder Auswaschsieb werden die Siebe hinter der Reibe und dem Mahlgang resp. Breimühle bezeichnet, als Waschsieb oder auch Raffiniersieb bezeichnet man diejenigen Siebe, welche die von den Auswaschsieben kommende Stärkemilch von den mit hindurchgegangenen Faserteilchen trennen. Außer diesen Sieben sind noch sogenannte Schlammsiebe im Gebrauch, welche bei der Verarbeitung der Nachprodukte verwendet werden. Auch diese letzten Siebe sind mit Draht- oder Seidengaze von feiner Lochung bespannt.

Die Größe der Lochung bei den Sieben ist nach Nummern geordnet; bei den Drahtgazesieben bezeichnen die Nummern gleichzeitig die Anzahl der Fäden, welche auf einen Wiener Zoll = 2,6 cm kommen, bei den Seidegazesieben sind die Nummern willkürlich angenommen, doch weichen dieselben bei den verschiedenen Fabrikanten nach den Untersuchungen von Saare in den für die Kartoffelstärkefabrikation in Betracht kommenden Nummern 4—13 nicht sehr weit voneinander ab. Bei den Vorsieben verwendet man gelochtes Kupferblech von $^1/_8$—$^1/_2$ mm Durchmesser, oder Drahtgaze von Nr. 30—40. Bei den Raffiniersieben benutzt man Drahtgaze Nr. 60—100 oder Seidengaze Nr. 5—8. Als Schlammsiebe kommen Drahtgazesiebe Nr. 120—180, oder Seidengazesiebe Nr. 10—15 zur Anwendung.

Die Siebvorrichtungen, welche das Auswaschen der freigelegten Stärke bewirken, sind von ganz verschiedener Konstruktion. Alle aber dienen demselben Zweck, möglichst vollkommen die freigelegte Stärke aus dem Kartoffelbrei auszuwaschen. Nach Saare muß man von einem gut funktionierenden Auswaschapparat verlangen, daß in der Pülpe von 100 Ztr. Kartoffelverarbeitung höchstens noch 0,5 Ztr. auswaschbare feuchte Stärke (mit 50% Wasser) bei kleinen Betrieben und höchstens nur noch 0,3 Ztr. bei größeren Fabriken zurückbleiben.

Die verschiedenen Siebvorrichtungen können wir einteilen in: Schüttelsieb, Bürstenbottichsiebe und Zylindersiebe.

Von diesen sind die Bürstenbottichsiebe und Zylindersiebe als Vorsieb und die Schüttelsiebe und Zylindersiebe als Nachsieb und Schlammsieb besonders geeignet. Man findet aber auch Schüttelsiebe als Vorsieb; eine besondere Konstruktion des Schüttelsiebes, das Kataraktsieb, ist auch als Auswaschsieb von großem Nutzen.

Von den Schüttelsieben mögen hier genannt werden das Schüttelsieb von H. Schmidt-Cüstrin, das Kataraktsieb von Siemens, das geräuschlos arbeitende Schüttelsieb von F. Martens-Frankfurt a. O. und das Kreisschwingsieb von H. Uhland.

Die Konstruktion des **Schüttelsiebes** von H. Schmidt zeigt Abb. 48. Das Sieb besteht aus dem hölzernen Siebrahmen, welcher die mit Drahtgeflecht oder Seidengaze bespannten Siebeinlagen aufnimmt, und den Bewegungsmechanismus, welcher aus einer Welle besteht, die zwei angeschweißte Exzentriks besitzt, welche mittelst Rotgußscheiben und Stangen den Siebrahmen auf beiden Seiten anfassen. Die Führung geschieht vorn durch Hebel, hinten durch Stahlschienen. Die Länge der Siebfläche ist 2 m, die Breite meist 1 m. Die Neigung des Siebes ist bei 2 m Länge zweckmäßig 5 cm. Für eine kräftige Wirkung des Siebes muß der Hub kurz (2—3 cm) sein, und die Tourenzahl 300—400 betragen. Die Wasserbrause wird am besten an zwei Punkten quer zur Längsrichtung des Siebes angebracht. Wichtig ist ferner die richtige Lage des Siebes,

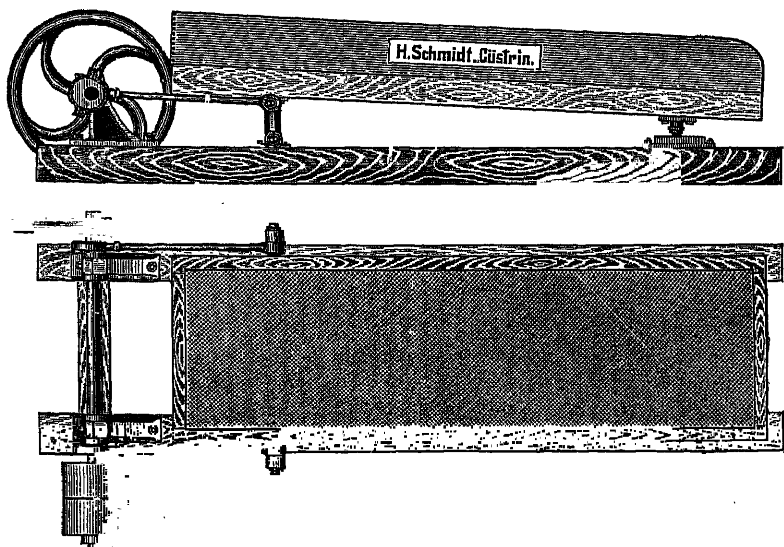


Abb. 48. Schüttelsieb von H. Schmidt-Cüstrin.

wobei sorgfältig darauf zu achten ist, daß dasselbe nicht nach der einen oder anderen Seite hängt. In diesem Falle gleitet das Reibsel leicht nach jener Seite und ein größerer oder kleinerer Teil des Siebes kommt nicht zur Wirkung.

Das **Kataraktsieb** von Siemens, verbessert von Angele, besteht aus mehreren, in gemeinsamen Rahmen gelagerten herausnehmbaren Sieben aus konisch gelochtem Kupferblech, welche zwischen sich vertiefte Mulden haben. Über jeder Mulde befindet sich eine Querbrause. Das Ganze ist in hölzernen Federn aufgehängt und erhält eine energische Schüttelbewegung durch Exzenter mit Exzenterstangen. Das frische Reibsel fließt in einen Einlaufkasten und von hier aus über die einzelnen Siebe. Die dabei abgesiebte Rohmilch wird durch eine unter dem Sieb befindliche Milchmulde aufgefangen und zum Raffiniersieb geleitet, während die Rückstände zur Nachzerkleinerung in den Mahlstein usw. gelangen.

Über das **geräuschlos arbeitende Schüttelsieb** von J. Martens (Abb. 49) berichtet Saare in der Zeitschrift für Spiritusindustrie 1902, Nr. 7 folgendermaßen:

„Mit dem Titel ‚Plansichter mit Pleuelstangenbewegung' ist Joh. Martens in Frankfurt a. O. ein geräuschlos arbeitendes Schüttelsieb unter Nr. 112415 (Klasse 50d) vom 24. Mai 1899 ab im Deutschen Reiche patentiert worden.

Der Zweck der Neukonstruktion war, das heftige und höchst lästige Geräusch, welches die bisher gebräuchlichen Schüttelsiebe hervorrufen, und die starken Erschütterungen, welche dieselben den sie tragenden Gebäudeteilen zufügen, zu beseitigen, da es nicht für alle Fälle vorteilhaft ist, sie durch die auch ruhig gehenden Zylindersiebe zu ersetzen. Der Vorzug in der Leistung der Schüttel-

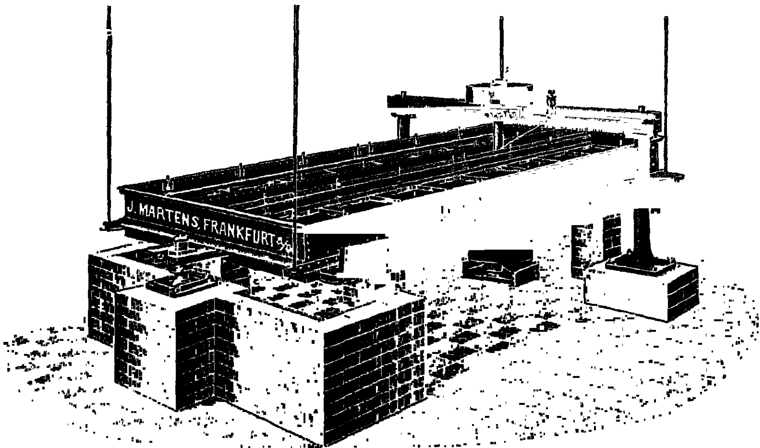


Abb 49. Geräuschlos arbeitendes Schüttelsieb von J. Martens-Frankfurt a. O.

siebe diesen letzteren gegenüber zeigt sich namentlich bei der Verwendung zum Reinigen oder Raffinieren der Rohstärkemilch und bei der Verarbeitung der Schlammstärke. Hierbei ist es die hüpfende und ruckweise Bewegung, welche die Schüttelsiebe erzeugen, die sie den Zylindersieben überlegen macht, weil diese ein Zusammenballen der auf den Sieben verbleibenden Faser bewirkt, wodurch feinere Faserteile und Stippen mit eingehüllt und zurückgehalten werden, welche bei der langsamen gleichmäßigen Bewegung der Siebzylinder durch deren Siebmaschen mit hindurchgleiten, so daß also die reinigende Wirkung der Schüttelsiebe eine höhere ist.

Der Lärm und die Erschütterung, welche durch die bisherigen Schüttelsiebe erzeugt wurden, sind veranlaßt dadurch, daß bei ihnen der Siebrahmen noch in der vor- oder rückwärts gehenden Bewegung beharrt, wenn die Kurbel bereits umkehrt, und sie beruhen auf dem notwendigen Vorhandensein eines, wenn auch geringen Spielraumes zwischen Lager und Zapfen.

Es konnte dies bei einer Neukonstruktion nur dadurch beseitigt werden, daß die Angriffsart der Kurbel dahin geändert wurde, daß das Siebgestell in steter Berührung mit der Kurbel bleibt.

Die Konstrukttion des neuen Siebes ist in Abb. 49 dargestellt und ist die folgende:

Ein schmiedeeisernes horizontal liegendes Siebgestell hängt an 4 dünnen Rundstäben oder Drahtseilen, welche an 4 Ecken angreifen, in der Schwebe. Dasselbe wird durch eine stehende Kurbelwelle mit geringem Hube nahe dem Einlaufende direkt angegriffen, es macht also an dieser Stelle die Kreisbewegung der Kurbel mit. Am Auslaufende für die Pülpe gleitet es und dreht sich um einen festen Punkt. Das Siebgestell ist nach seiner Länge geteilt, in jede Abteilung wird ein mit Messinggaze oder Seidengaze bezogenes Sieb gelegt. Die Siebe liegen nach dem Auslauf zu etwas geneigt. Sie werden durch je zwei an ihren Längsseiten aufliegende Leisten festgehalten, welche mittelst einiger am Siebrahmen befestigten Schrauben gegen den Siebrand und dessen Unterlage angedrückt werden. Sie sind daher sehr leicht auszuwechseln. Zur Reinhaltung der Siebflächen liegt über jedem Sieb eine Längsbrause. Ein Unterhang fängt die abgesiebte Stärkemilch auf. Die Bewegung der Siebfläche ist am Einlauf und am Auslauf verschieden. Das Sieb schüttelt am Einlauf mehr in der Querrichtung, und es muß sich die Stärkemilch über die ganze Siebbreite verteilen. In der Mitte wird die Bewegung mehr kreisförmig, und am Auslauf schüttelt das Sieb nur in der Längsrichtung.

Der Angriffspunkt am Sieb, für die Kurbelwelle ist so gewählt, daß alle Teile des Siebes, welche mit der Kurbelwelle schwingen, nur einen Druck auf den Kurbelzapfen ausüben können, daß sie den Zapfen am Auslaufende aber nicht belasten und auch kein Drehbestreben des Siebes wachrufen. Das Siebgestell legt sich dadurch, sobald die Kurbelwelle in Bewegung gesetzt wird, sogleich und in jeder Stellung fest an die Innenseite des Kurbelzapfens an, und es ist ein Stoß deshalb unmöglich. Aus diesem Grunde muß das Sieb ruhig arbeiten.

Der Druck des Siebes gegen die Kurbelwelle wird durch Gegengewichte ausgeglichen, es sind also die Lager, welche die Kurbelwelle führen und die Balken usw., an welchen die Lager befestigt sind, unbelastet. Das Sieb kann, wie es die Zeichnung zeigt, auf einem gemauertem Fundament oder auch auf frei liegenden Trägern montiert werden. Beide Anbringungsarten sind nach Mitteilungen des Erfinders bereits ausgeführt worden.

Der Antrieb der Kurbelwelle geschieht mit Riemenscheibe und Riemen.

Ein so konstruiertes Sieb habe ich zum Raffinieren von Stärkemilch in einer größeren Stärkefabrik in Tätigkeit gesehen. Nach Mitteilung des Leiters der Fabrik hat es seit Beginn dieser Kampagne zu voller Zufriedenheit gearbeitet. Die Stärkemilch, welche darauf gesiebt wurde, war eine ziemlich konzentrierte und wurde auf das Sieb aus einem mit Überlaufbrett versehenen Sammelkasten aufgebracht. Es machte den Eindruck, als ob die Siebfläche unter der hin- und herwogenden Stärkemilch am oberen Ende des Siebes dahinglitte, bis die Stärkemilch nach dem unteren Teile des Siebes zu verschwunden war, während die

zurückbleibende Faser, sich ballend und von der Brause mit Wasser befeuchtet, langsam aus einer schwach seitwärts hin- und hergehenden Bewegung in der Mitte des Siebes in eine gradlinige am Ende derselben übergehend, in dieser das Sieb verließ. Das Sieb war mit Seidengaze Nr. 12 belegt.

Als Vorteile dieses neuen Schüttelsiebes betrachte ich die folgenden:

1. Der tatsächlich geräuschlose Gang und das Fehlen irgendwelcher wahrnehmbarer Erschütterungen der das Sieb tragenden Gebäudeteile.
2. Die Möglichkeit, das Sieb von jeder beliebigen horizontalen und vertikalen Welle aus antreiben zu können, gleichgültig nach welcher Richtung hin das Sieb arbeitet.
3. Die Möglichkeit, mit einem Antriebe viel größere Siebflächen zu bewegen, als dies bei den bisher gebräuchlichen Schüttelsieben der Fall war. Denn bisher konnte man, wenn Lärm und Erschütterung nicht zu groß sein sollte, den Sieben bei einem Antrieb nur eine Länge von 2,5 m und eine Breite von etwa 600 mm geben, während man jetzt bequem zwei solcher Siebe als Doppelsieb mit einem Antriebe bewegen kann. Nach Angabe des Erfinders soll sogar ein Doppelsieb, bei dem jeder einzelne Siebrahmen eine Länge von 4 m und eine Breite von von 630 mm besitz, bereits in einer großen Stärkefabrik erfolgreich tätig sein.
4. Voraussichtliche weit größere Schonung der Siebgaze infolge Fortfallens des Stoßes."

Das **Kreisschwingsieb** von W. H. Uhland bezweckt ebenfalls die Nachteile der Schüttelsiebe zu beseitigen, geringeren Kraftverbrauch und rationelleres Auswaschen des Siebgutes. Das Sieb arbeitet nach dem Prinzip der Plansichter. Der Siebkörper vollzieht keine gradlinig hin- und hergehende, sondern eine schwingende Bewegung derart, daß jeder Punkt hierbei einen Kreis beschreibt. Eine senkrechte Antriebwelle ist in einem glockenförmigen Ständer gelagert; das obere Ende der Welle trägt über einer, das Gegengewicht enthaltenen Schwungscheibe einen exentrischen Zapfen, die bei Bewegung auf den Siebkörper überträgt und ihn dadurch in Schwingung versetzt. Der Siebkörper selbst ist an Drahtseilen aufgehängt, die an ihren unteren Enden eine Vorrichtung enthalten, die es gestattet, das Sieb in jeder beliebigen Neigung einzustellen. Damit die Kraftübertragung zwischen Zapfen und Siebkörper gleichmäßig erfolge, und zugleich jeder einzelne Angriffspunkt möglichst entlastet werde, steht der exzentrische Zapfen mit einer in der Mitte unter dem Siebkörper befindlichen sternförmigen Hülse in Verbindung, von der aus sechs einstellbare Zugstangen die Bewegungsübertragung auf den Siebkörper vermitteln. Durch diese Anordnung soll das Sieb einen geräuschlosen ruhigen Gang erhalten. Die Siebfläche besteht aus einem oder aus mehreren Teilen; die Rahmen sind auswechselbar. Über der Siebfläche ist ein Spritzrohrsystem angeordnet, deren Stränge einzeln absperrbar sind, so daß man in der Lage ist, den Wasserzufluß zu regulieren.

Ein anderer Auswaschapparat von Uhland ist ein **Apparat zum kontinuierlichen Entmischen von stärkehaltigem Rohmaterial.** Der

Apparat stellt ein kontinuierlich wirkendes Sieb dar, welches in die Flüssigkeit eintaucht. Im kleinen wäscht man die Stärke am sichersten vollständig in der Weise aus dem Reibsel aus, daß man ein Sieb ins Wasser taucht und darin das Reibsel mit der Hand durchrührt; dann fällt die Stärke durch die Siebmaschen durch. Das ist nun von Uhland in die Großpraxis übersetzt. Der Apparat ist folgendermaßen gebaut: In ein unten mit einem Ablaufhahn versehenes Gefäß ist ein Bottichbürstensieb soweit eingetaucht, daß die Siebfläche tiefer liegt als der Überlauf am Rande des Gefäßes. Um die Faser oberhalb der Bürsten in Bewegung zu halten, ein Wogen der Flüssigkeit aber zu ver-

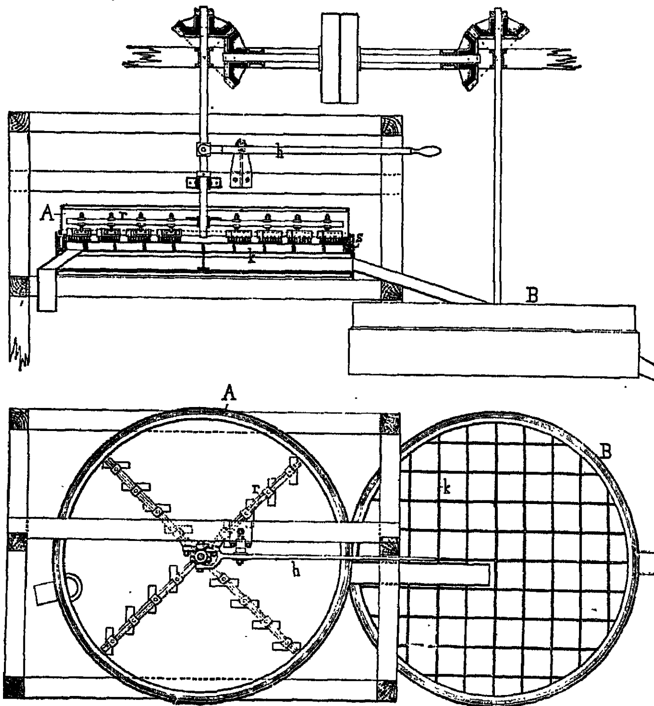


Abb. 50. Bürstenbottichsieb.

meiden, bewegt sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit eine horizontal umlaufende Scheibe langsam dahin. Flügelarme an ihrem Rande werfen die Pülpe schließlich aus. Der Zufluß des Reibsels geschieht in der Mitte, der Ablauf der Stärkemilch durch den Stutzen am Boden des Gefäßes.

Das **Bürstenbottichsieb** (Abb. 50) besteht aus dem ringförmigen mit einem Messingdrahtsieb bespannten Siebrahmen, welcher in einem niederen Bottiche auf einem Holzgitter ruht. Über dem Sieb bewegt sich ein mit Bürsten besetzter Kranz. Die schräg gestellten Bürsten bestreichen die ganze Siebfläche. Sie schaffen das Reibsel, welches möglichst nahe dem Mittelpunkt auf das Sieb

gebracht wird, nach dem Rande, wo es in ausgewaschenem Zustande durch eine seitliche Öffnung nach außen gelangt. Die bloßgelegte Stärke wird durch zuströmendes Wasser durch das Sieb hindurchgewaschen, sammelt sich in dem Raum unter dem Siebe, aus welchem die Stärkemilch durch eine Rinne auf das Raffiniersieb abläuft.

Damit solche Siebe leistungsfähig sind, müssen sie nach Uhland für kleinere Fabriken einen Durchmesser von 2,2—2,6 m, für größere 2,6—3 m haben. Meist werden zwei solcher Apparate aufgestellt und zwar direkt hinter der Reibe. Ist eine Nachzerkleinerung vorhanden, so wird dieselbe entweder dazwischen eingeschaltet, oder noch ein drittes Bürstenbottichsieb aufgestellt, welches den Brei der Nachzerkleinerung auswäscht.

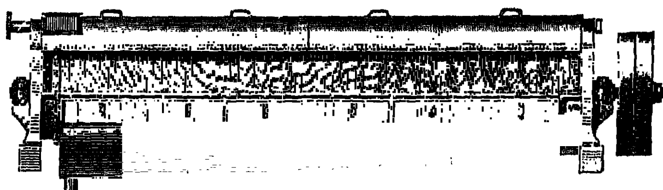


Abb. 51. Bürstenzylindersieb. (Vollansicht.)

Die Zylindersiebe unterscheiden sich von den Schüttelsieben und den Bürstenbottichsieben dadurch, daß die Siebfläche, anstatt in einer Ebene zu liegen, den Mantel oder Halbmantel eines Zylinders bildet.

Es werden unterschieden Bürstenzylinder- und Vollzylindersiebe.

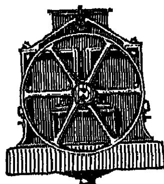


Abb. 52. (Querschnitt.)

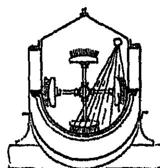
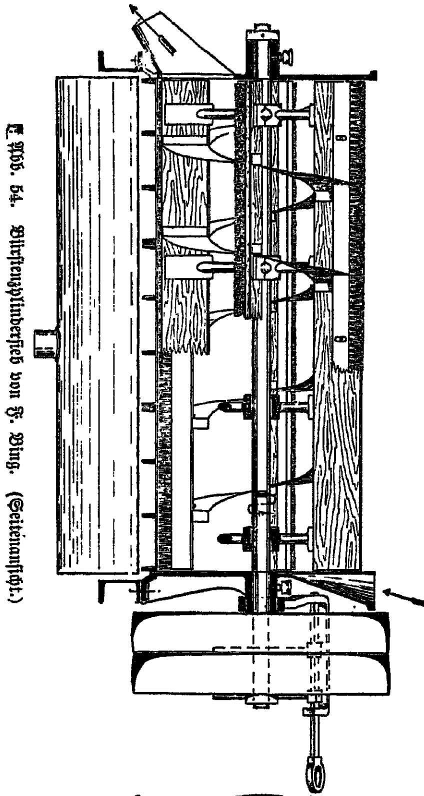


Abb. 53. (Querschnitt mit richtiger Stellung des Spritzrohres.)

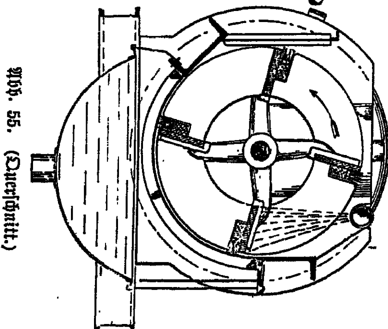
Das **Bürstenzylindersieb**, wie es Abb. 51—53 darstellen, besteht aus einem eisernen Rahmen, der aus zwei gußeisernen Kopfstücken, die durch Winkeleisen verbunden sind, gebildet wird. An dem Rahmen ist unten ein halbzylinderförmiges Metallsieb befestigt, unter welchem sich eine Blechmulde befindet zur Aufnahme der durch das Sieb hindurchtretenden Stärkemilch. Der bewegliche Teil der Maschine besteht aus einer rotierenden Welle, auf welcher bürstentragende Armkreuze aufgesteckt sind, oder aus einer hohlen Welle, durch welche als Bürstenträger eiserne Stäbe gesteckt sind. Diese Eisenstäbe sind mit Gewinden versehen und lassen sich durch Muttern derart einstellen, daß die Bürsten stets an dem Siebmantel anstreifen. Die Bürsten sind nicht senkrecht zur Achse der Maschine eingesetzt, sondern derart schief gestellt, daß sie eine Spirale bilden, welche das Reibsel von einem Ende der Maschine zum anderen befördert. Ober-

halb der Bürstenwelle liegt ein Spritzrohr (Abb. 53), welches am besten seitlich gelagert wird und zwar auf derjenigen Seite des Extrakteurs, an welcher die Bürsten sich bei der Rotation nach oben drehen.


Abb. 54. Bürstenzylindersieb von F. Bing. (Seitenansicht.)

Das Reibsel wird an dem einen Ende aufgegeben und wird von den Bürsten mäßig rasch nach dem anderen Ende geführt, wo es von der Stärke befreit ausgeworfen wird. Außer dem Fortschaffen des Reibsels fällt den Bürsten die Aufgabe zu, den Siebmantel rein zu halten und die Faserteile, welche sich in die Siebmaschen setzen, aus denselben zu entfernen. Die Stärke durch das Sieb hindurchzuführen, ist Sache des Wasserstrahles. Deshalb ist es nötig, daß die Wasserstrahlen die ganze Fläche, auf welcher sich Reibsel befindet, bestreichen.

Ein guter Bürstenzylinder muß für kleinere Fabriken eine Länge von 4 bis 5 m, für größere von 5—6 m und einen Durchmesser von 35—40, bezw. 45—50 cm haben. Ein Bürstenzylinder soll nicht mehr als 30 bis höchstens 40 Umdrehungen in der Minute machen, da das Reibsel sonst zu schnell hindurchgeht. Der Belag ist am besten vor dem Mahlgang gelochtes Blech, hinter ihm Drahtgaze Nr. 40—50. Wichtig ist auch, daß der Bürstenzylinder leicht auseinander zu nehmen ist, damit die Siebmulden so oft als möglich ohne Schwierigkeit können ausgewechselt werden.


Abb. 55. (Querschnitt.)

Ein anderes **Bürstenzylindersieb** ist der Apparat zum Auswaschen der Stärke aus Kartoffelreibsel oder dergl. von F. Bing, welchen die Firma Jahn, Kommanditgesellschaft, Arnswalde, baut. (Abb. 54 u. 55.)

Der Apparat hat vermöge der Anordnung von Brettern vor den Bürsten den Vorteil, daß das Siebgut in der wagerechten Lage der Schaufeln direkt von den Strahlen einer Wasserbrause getroffen wird. Das Auswaschen erfolgt

auf den harten Flächen, und dadurch soll ein kräftigeres Aufschließen der Zellen bewirkt und eine größere Ausbeute an Stärke ermöglicht werden.

Dieser Bürstenzylinder besitzt längs zur Welle parallel angeordnete Bürsten und über jeder dieser Bürsten ein entsprechend breites Brett.

Die Bretter heben das Reibsel hoch und bringen dasselbe unter eine Brause. Die Wasserstrahlen der Brause sind so bemessen, daß solche nur auf das gerade hochkommende Brett auftreffen und deshalb voll und sämtlich zur Wirkung gelangen. Durch die harte Unterlage des Reibsels soll ein sehr energisches Auswaschen resp. eine gute Trennung des Reibsels von der Stärke erzielt werden.

Sobald das hochgehende Brett die Wellenmitte überschritten hat, fällt das von der Brause bearbeitete Reibsel herunter und zwar auf das Sieb. Es schlägt nun bei dem Fall das Wasser mit der Stärke hindurch, wohingegen das Reibsel zurückbleibt, um von der nächsten Bürste erfaßt, gehoben und wieder durchgearbeitet zu werden. Einige zwischen den Brettern resp. den Bürsten angeordnete Spiralbleche veranlassen, daß der Brei von einem Ende des Zylinders zum andern transportiert wird. Die Bürsten haben den Zweck, die Siebe möglichst rein zu halten.

Der Bürstenzylinder ist ganz in Eisen konstruiert. Die Siebrahmen haben eine Länge von $\frac{1}{2}$ m Länge. Dieselben bestehen aus Gußeisen und sind die beiden Endflächen, an denen die Siebe gegeneinander stoßen, geschliffen, damit ein Austauschen der Rahmen gegeneinander gewährleistet ist. Die geringe Länge der Rahmen soll eine leichte Hantierung zulassen. Die Befestigung geschieht je nach der Größe des Zylinders mit einem resp. zwei Keilen. Für gewöhnlich werden die Rahmen mit gelochtem Blech bezogen, können aber auch mit Bronzegewebe bespannt werden. Zum Bürstenzylinder gehören 1. Milchmulde, Wasserbrause mit Hahn oder Ventil, feste und lose Riemscheiben zum Antrieb, sowie die Schmiervorrichtungen.

Die Vorteile gegenüber anderen Apparaten sollen folgende sein:

1. Die Bürstenzylinder sind kleiner als bei anderen Apparaten.
2. Die Bürstenzylinder sollen erheblich weniger Wasser im Vergleich zu anderen brauchen, weil die Ausnutzung derselben eine bessere sein und mehr zur Wirkung kommen soll.
3. Die Bürstenzylinder sollen eine konzentriertere Stärkemilch gegen früher liefern, daher soll weniger Absatzfläche gebraucht werden.

Als Vollzylinder kommen in Anwendung das Zylindersieb von W. Angele, von S. Aston und das sechsseitige Zylindersieb von Uhland. Von diesen Sieben wollen wir den **Auswaschzylinder** mit automatischem Bürstenwerk (System Angele), welchen die Firma Rud. A. Hartmann-Berlin baut, in Abb. 56 darstellen.

Der Apparat dient zum Auswaschen des auf dem Mahlstein usw. nachzerkleinerten Breies. Der Siebzylinder selbst besteht aus mehreren einzelnen Trommeln, welche mit fein gelochtem Kupferblech bespannt sind. Im Innern des Zylinders ist ein spiralförmiger Schneckengang angeordnet, welcher bei Rotation des Zylinders den auszuwaschenden Brei, welcher an dem einen Ende in den Zylinder einfließt, nach dem andern Ende fortschiebt. Auf diesem Wege

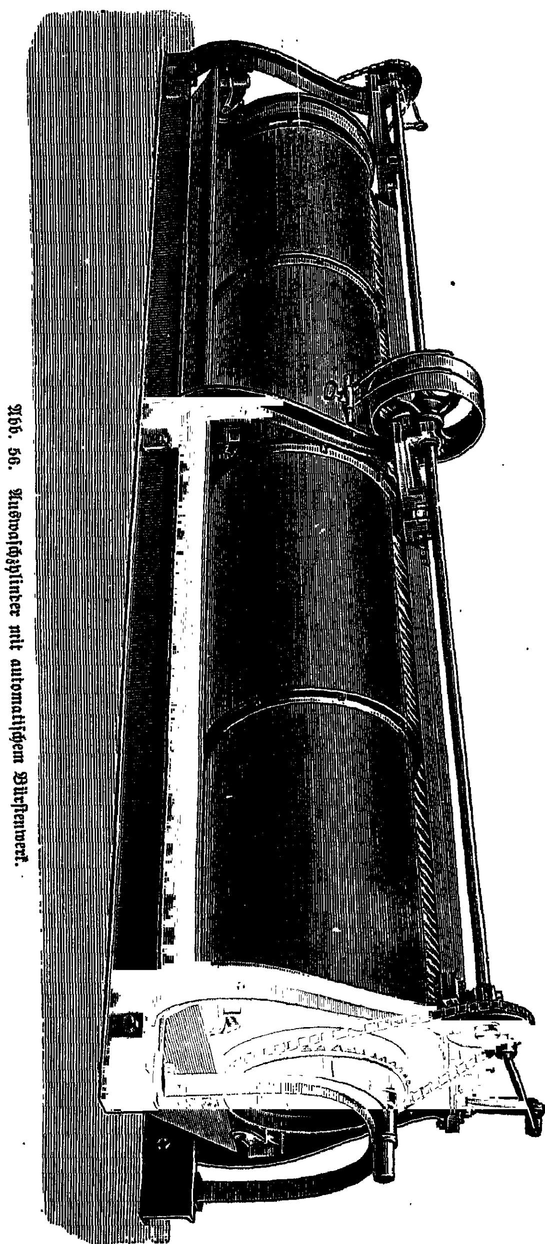


Abb. 56. Auswaschzylinder mit automatischem Bürstenwerk.

findet unter stetem Zuflu von Wasser ein Auswasche der Stärke statt. Um ei Verstopfen des Siebes z verhindern, ist außen · a. Zylinder ein Bürstenwer angeordnet, welches auto matisch die Siebfläche wäh rend der Rotation reinigt Der Zylinder läuft in ge drehten Ringen und erhäl seinen Antrieb durch ein passend angebrachte Well mit fester und loser Riem scheibe. Die ausgewaschen Milch wird durch eine unte dem Zylinder befindlich Milchmulde aufgefangen und zum Raffiniersieb geleitet.

Zwecks möglichst lange Haltbarkeit und guter Ar beitsleistung ist eine häufig und genügende Reinigung der Siebe sehr geboten. In gut betriebenen Fabriken findet die Reinigung täglich, in größeren Betrieben ver bunden mit einer Aus wechselung der Rahmen 2—3 mal täglich statt. Das Reinigen geschieht mit heißem Wasser oder Wasser mit 1 bis 2prozent. Schwefel säure unter Anwendung von Bürsten. Stark verschlammte Siebe werden am Kessel ge trocknet und darauf mit scharfen Bürsten von dem spröd gewordenen Schlamm befreit. Seidengaze wird am besten gereinigt, indem man sie mit heißem Wasser, dem auf 14 l ca. 250 g kalzinierter Soda zugesetzt sind, abbürstet. Bei starker Verschlammung werden sie mit schwefliger Säure von $2^{1}/_{4}{}^{0}$ Bé. gewaschen und

dann schnell abgespritzt. Auch das Reinigen mit Dampfstrahl wird für Seidengaze empfohlen.

IV. Die Gewinnung der Rohstärke und die dazu dienenden Apparate.

Die Stärkemilch, welche von den Sieben gewonnen wird, ist eine Mischung von im Wasser suspendierten Stärkekörnchen, mit Wasser verdünntem Kartoffelsaft, Eiweißstoffen, feinsten Faserteilchen und erdige durch die Siebe mithindurchgegangenen Bestandteile.

Zur Trennung dieser Substanzen von der Stärke können zwei Wege eingeschlagen werden. Entweder trennt man die Stärke von den anderen Stoffen durch Absitzenlassen oder durch Zentrifugieren. Infolge ihres hohen spezifischen Gewichtes setzt sich die Stärke aus einer Flüssigkeit eher zu Boden, als Faser- und Eiweißstoffe. Es bilden sich daher, wenn man die Stärkemilch ruhig stehen läßt, zwei ziemlich scharf begrenzte Schichten, von denen die untere aus fast reiner Stärke besteht, während die obere den größten Teil der Fasern und der ausgeschiedenen Eiweißstoffe sowie die leichten Stärkekörnchen enthält. Über beiden Schichten befindet sich das Fruchtwasser, welches möglichst schnell von der Stärke getrennt wird, damit die Farbe der Stärke durch das Fruchtwasser nicht beeinträchtigt wird. Je länger das Fruchtwasser an der Luft, also über der Stärke steht, um so dunkler wird es durch den Einfluß des Sauerstoffes auf die im Kartoffelsaft enthaltenen Farbstoffe gefärbt und teilt diese Färbung mehr oder weniger der weißen Farbe der Stärke mit, so daß eine graue Stärke entsteht. Außerdem setzen sich, wie Saare nachgewiesen hat, bei einem längeren Stehen an der Luft Eiweißstoffe aus dem Fruchtwasser in grauen Flocken ab und vermehren nicht nur die Schlammmassen, sondern erschweren auch ihre Trennung von der Stärke und verringern die weiße Farbe der Stärke. Das Absetzen der Stärke wird dadurch verzögert, daß die Flüssigkeit infolge der Vermischung mit dem Fruchtsaft der Kartoffeln und den darin gelösten Substanzen wie Eiweiß, Schleim und Gummistoffe nicht den Grad von Dünnflüssigkeit besitzt wie reines Wasser. Bei Verarbeitung von kranken oder angefaulten Kartoffeln kann die Flüssigkeit eine solche Beschaffenheit annehmen, daß die Abscheidung der Stärke recht lange Zeit in Anspruch nimmt und überhaupt nur unvollständig erfolgt. Durch reichliche Verdünnung mit reinem Wasser, oder schweflige Säure enthaltendem Wasser, welches man auf der Reibe und auf dem Siebe zufließen läßt, wird in den meisten Fällen die Schwierigkeit des langsamen Absitzen behoben.

Durch das Zentrifugieren der Stärkemilch wird ein sofortiges Abscheiden der Stärke aus dem Fruchtwasser bezweckt. Infolge der Zentrifugalkraft scheidet sich die Stärke von dem Fruchtwasser, das Wasser wird abgeführt und die Stärke setzt sich an der Trommelwand der Zentrifuge fest.

Nach der Art des Absetzens der Stärke werden im wesentlichen zwei Systeme unterschieden:

Das Absatzverfahren, das ist das Absetzen der Stärke in der Ruhe, und das Flutensystem, das ist das Absetzen der Stärke in bewegter Flüssigkeit.

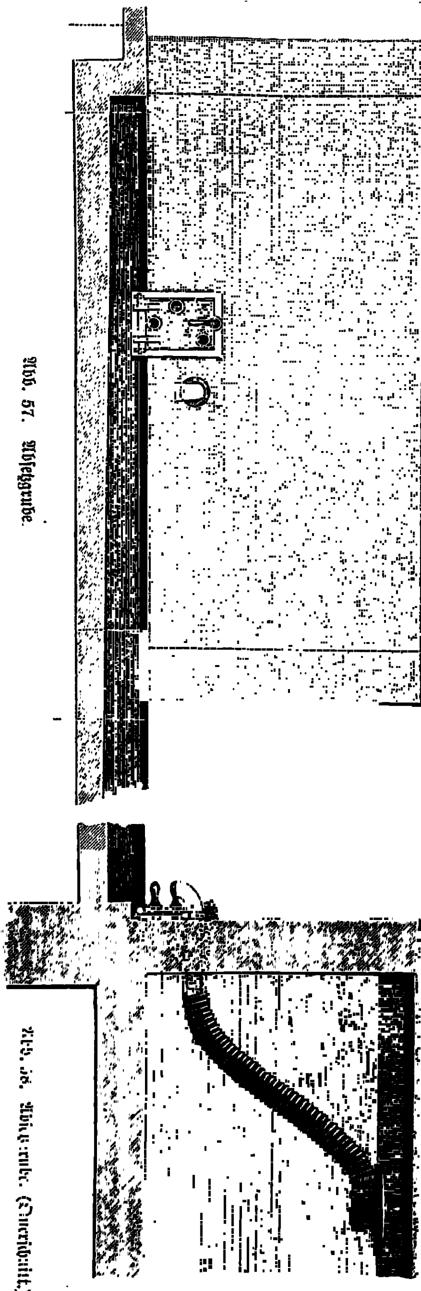

Abb. 57. Absetzgrube.

Abb. 58. Absetzgrube (Querschnitt).

Bei dem **Absatzverfahren** leitet man die Stärkemilch in geräumige in Zement gemauerte Reservoirs, Absetzgruben (Ab. 57 u. 58)[1]) und überläßt sie etwa 12 Stunden der Ruhe, innerhalb welcher Zeit sie sich zu Boden setzt. In kleineren Fabriken stellt man bei Raummangel die Zementreservoirs vielfach in der Art hintereinander auf, daß sich ein Bottich nach dem andern durch Überlauf füllt. Die über der Stärke stehende Flüssigkeit (verdünntes Fruchtwasser) wird durch Lochzargen mit im Zickzack übereinanderstehenden Löchern, welche durch Stöpsel verschlossen sind, oder mittels Heber abgelassen. Sehr zweckmäßig ist der Schwimmheber (Abb. 58), welcher, aus einem dicken Spiralschlauch bestehend, mit dem einen Ende in der unteren Wand des Absetzgefäßes befestigt ist, während das andere Ende durch ein Brett auf der Oberfläche schwimmend erhalten wird. Diese Vorrichtung hat den Vorteil, daß man schon nach wenigen Stunden mit dem Abziehen beginnen, und in dem Maße, als die Stärke niedersinkt, langsam laufen lassen kann. Dadurch wird an Zeit gespart und das Fruchtwasser rascher von der Stärke entfernt.

Unter der Bezeichnung Untertauchsystem wird von Saare eine Einrichtung bei der Arbeit mit Absetzbottichen beschrieben, welche jedoch wenig verbreitet ist und vielleicht bei Raummangel in Betracht kommt. Während bei dem beschriebenen Verfahren die neu hinzutretende Stärkemilch stets an der Oberfläche aufgebracht wird, soll dieselbe beim Unter-

[1]) Lintner, Landwirtsch. Gewerbe. Berlin, Paul Parey, 1893.

tauchsystem gezwungen werden, sogleich nach unten zu gehen und dann aufzusteigen, so daß die Stärke sich gleich unten absetzt und das Fruchtwasser ständig von unten nach oben aufsteigt. Zu dem Zwecke wird an der einen Seite des ersten Bottichs (Abb. 59) in kurzer Entfernung von der Umfassungswand eine Querwand a angebracht, welche etwa 35 cm über dem Boden endigt. In die so gebildete kleine Kammer tritt die Stärkemilch ein, sie geht unter der Querwand hindurch und steigt dann auf, während die Stärke zum allergrößten Teil sich absetzt. Ist der Bottich 1 voll, so läuft das Wasser durch Vermittlung von Rinnen in den Bottich 3, welcher bei d ebenfalls eine Querwand besitzt. Das Fruchtwasser muß also noch einmal untertauchen und aufsteigen und läuft schließlich bei c stärkefrei ab. Ist Bottich 1 gefüllt, so wird Bottich 2 in gleicher Weise beschickt. In Bottich 3 sammelt sich nur sehr wenig Stärke an.

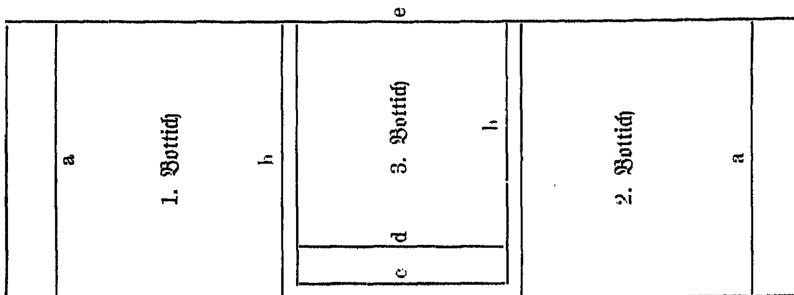


Abb. 59.

Als Vorteile dieses Systems sind nach Saare folgende Umstände anzusehen:

1. daß die Stärke sich schneller aus dem Fruchtwasser abscheiden kann, so daß die Hauptmenge derselben in einem Bottich sich ansammelt, also an Absetzraum gespart wird;

2. daß die Stärke stets mit neuem Fruchtwasser in Berührung kommt, und daß durch das Aufwärtssteigen des Fruchtwassers feinere Verunreinigungen leichter von der durchfallenden Stärke getrennt, und mit dem Wasserstrome fortgeführt werden, wodurch die Qualität der Stärke eine bessere werden muß.

Dazu kommt, daß das System leicht und ohne große Kosten in jedem Absetzbottichbetriebe eingeführt werden kann.

Das **Flutensystem** ist vorzuziehen, wo es sich um Herstellung von Primaware in trockener Stärke handelt. Dasselbe hat den Vorzug, daß das Fruchtwasser, welches bei längerem Verweilen auf der Stärke dieser einen gelblichen oder grauen Ton verleiht, sehr rasch entfernt wird.

Die Fluten stellen entweder hölzerne Rinnen oder gemauerte und zementierte flache und sehr lange Kasten dar. Dieselben sind meist nicht mehr als $^1/_2$ m tief bei einer Breite von 1,5—2 m und einer Länge von 20—25 m. Steht eine solche Länge in der Fabrik nicht zur Verfügung, so kann man die

Rinnen teilen und mit Rücklauf einrichten (Abb. 60), wobei man zwei solcher Doppelrinnen übereinanderlegt. In Abb. 61 sind zwei nebeneinanderliegende Rinnen von oben gesehen abgebildet. Das Gefälle kann 3—5 mm auf den laufenden Meter betragen.

Für eine gute Wirkung der Rinnen ist erforderlich, daß dieselben einen vollkommen glatten und ebenen Boden besitzen.

Für hölzerne Rinnen eignet sich am besten Lerchen- oder astfreies Kiefernholz, welches sich nicht leicht wirft. Einem Verziehen oder Werfen des Holzes muß ferner durch geeignete Konstruktion und Verbindung der Holztafeln vorgebeugt

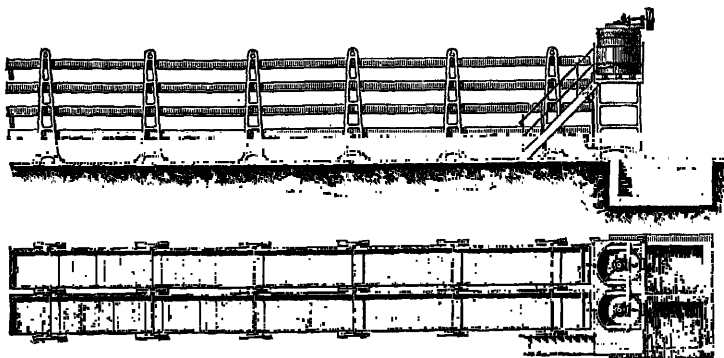


Abb. 60. Absetzrinnen.

werden. In Abständen von $2^1/_2$—3 m sind die Rinnen unterstützt. In der Regel werden Holzsäulen angebracht, und an diesen Querriegel befestigt, auf welche die Rinnen zu liegen kommen. Diese Querstücke müssen aber durch Schrauben in vertikaler Richtung verstellbar sein, um die Rinnen in der erforderlichen Lage genau einstellen zu können.

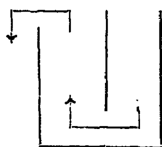


Abb. 61.

Mit den Rinnen stehen Rührbottiche in Verbindung, in welchen die Stärkemilch durchgerührt wird, damit die Stärke sich nicht absetzen kann, ehe sie auf die Fluten gebracht wird.

Aus dem Aufrührbottich gelangt die Stärkemilch zunächst in einen am Anfange der Rinne abgeteilten Kasten, welcher durch ein 30 cm von der Rinnenwand quer gestelltes Brett gebildet wird. Über den scharfen Rand des Brettes ergießt sich dann die Stärkemilch gleichmäßig auf die Rinne, während schwerere Verunreinigungen, wie mitgeführter Sand, im Kasten zurückbleiben; es empfiehlt sich auch, unter dem Ablauf des Aufrührbottichs ein kleines Sieb anzubringen, um ganz grobe Teile, wie Holzsplitter u. dergl. zurückzuhalten.

Nach Saare wird der Kopf der Rinne zweckmäßig so eingerichtet, daß die Stärkemilch erst untertauchen und dann noch einmal aufsteigen muß, ehe sie über den scharfkantigen Überfall auf die eigentliche Rinne gelangt, was durch die in Abb. 61 angedeutete Anordnung der Querbretter erreicht wird. Zur Verhütung starken Schäumens beim Ablaufen der abfließenden Milch von einer Rinne

auf die andere führt man dieselbe in geschlossenem Rohre bis in die Flüssigkeit im Vorkasten der unteren Rinne. Bei dem geringen Gefälle, welches die Rinnen besitzen, finden die schweren Stärkekörnchen Zeit, sich abzusetzen und die Rinnen allmählich anzufüllen, während das wenig und geringwertige Stärke führende Fruchtwasser abfließt, und in Absetzgruben oder -Bottiche geleitet wird. Damit sich die Stärke nicht ungleichmäßig absetze, und Rinnen entstehen, in welchen das Fruchtwasser zu rasch abläuft, sowie zur Entfernung des Schlammes wird von Zeit zu Zeit die Oberfläche der sich absetzenden Stärke mit einem Streichbrett geebnet.

Am Ende der Fluten sind vielfach Nuten angebracht, in welche Stäbe eingelegt werden in dem Maße, wie die Stärkeschicht an Höhe zunimmt, oder es sind verstellbare Wehre vorhanden.

Soll mit den Rinnen besonders feine Primaware erzeugt werden, so muß die Stärke sowohl während des Flutens als auch nachher gründlich abgewaschen werden, wozu man sich vorteilhaft eines breiten Pinsels bedient. Man kann auch nur die mittlere Lage als hochfeines Produkt verarbeiten, während man die am Kopfende und unteren Ende gewonnene, durch Sand und Schlamm mehr verunreinigte Stärke abtrennt. Zur Entleerung der Fluten wird die Stärke entweder mit Holzschaufeln ausgestochen oder mit Rührflügel unter Wasserzugabe aufgerührt und abgelassen.

Außer Absatz- und Flutenverfahren wird namentlich in Amerika ein Verfahren zur Gewinnung der Stärke aus der rohen Stärkemilch angewendet, das ist die Benutzung sogenannter **Konzentriertanks.** Es sind das große eiserne Zylinder mit zugespitztem Boden, der unten durch einen Hahn verschließbar ist, in welche ein Rohr bis zu etwa ein Drittel der Höhe von unten hineinragt, so daß, wenn die Milch in dieses Rohr einströmt und unten austritt, sofort eine sehr große Verlangsamung in der Bewegung stattfindet. Die Flüssigkeit steigt auf und es tritt dadurch eine Scheidung ein, indem oben das Wasser abläuft, während sich unten im Konus eine konzentrierte Stärkemilch sammelt, die durch Stellung des Verschlußhahns in beliebiger Menge und Konzentration abgezogen werden kann.

Ein von Uhland konstruierter **Apparat zur kontinuierlichen Abscheidung von Stärke aus der Rohstärkemilch** lehnt sich an die Konzentriertanks an. Uhland hat zwecks Vermeidung des Schäumens des Fruchtwassers das Zulaufrohr nicht einfach und glatt geformt, sondern er läßt es sich nach unten hin erweitern. Die Einführung der Stärkemilch in dieses Rohr geschieht durch ein zweites engeres, ebenfalls nach unten zu konisches Rohr, welches ungefähr um ein Drittel in das erste Rohr hineinreicht. Uhland will dadurch erreichen, daß der Stoß, der bei dem Zutreten der Flüssigkeit eintritt, durch die allmähliche Verlangsamung des Stromes gemildert, und dadurch die Scheidung gleichmäßiger wird. In der Spitze des konischen Bodens der Gefäße ist ein Rührwerk angebracht, um eine Verstopfung des Ausflusses zu verhüten.

Diesen Apparat hat Uhland nun mit seinem Apparat zum kontinuierlichen Entmischen von stärkehaltigem Rohmaterial vereinigt, indem er ihn darunter-

gesetzt hat und auf diese Weise eine **Vereinigung von Auswaschsieb und kontinuierlicher Gewinnung konzentrierter Stärkemilch** schuf. Die Stärkemilch scheidet sich in diesem neuen Apparat in konzentrierte Stärkemilch und Fruchtwasser. Oben, seitlich an dem Gefäß, ist ein Überlaufstutzen angebracht, der so hoch emporgeführt ist, daß das überlaufende Fruchtwasser ständig das Niveau in dem Siebe auf gleicher Höhe hält und ununterbrochen abläuft; unten wird dann die konzentrierte Milch abgezogen.

In neuerer Zeit wird ein System zur Anwendung gebracht, das aus Holland stammt und namentlich von der Firma Jahn-Arnswalde in Deutschland eingeführt ist. Es ist das sogenannte **Bassinflutensystem**, eine vereinfachte Kombination des Absetzverfahrens mit dem Flutenverfahren. Bei diesem System kommen die hohen Absetzbassins, welche gewöhnlich eine Höhe von 1—1,25 m haben, in Fortfall und werden durch niedrigere Absetzrinnen von ca. 30 cm Höhe und 6 m Länge und 2 m Breite, sogenannte Bassinfluten, ersetzt. Die Stärkemilch, welche vom Raffiniersieb kommt, wird in eine Rinne geleitet, welche sich am Kopfe von verschiedenen Bassinfluten befindet. Von der Rinne fließt die Stärkemilch in diese Bassins. Sie durchfließt in langsamem Strome alle zu gleicher Zeit und fließt am gegenüberliegenden Ende über die Bassinwand hinweg in eine auch an diesem Ende vorhandene Rinne. Da die Geschwindigkeit des Stärkewassers eine sehr geringe ist, hat die Stärke Zeit, sich abzulagern. Bei richtiger Abmessung der Bassins ist die Ablagerung so groß, daß es bei kleineren Fabriken sich kaum lohnt, noch besondere Außenbassins zu verwenden, da nur die ganz leichte, kaum gewinnbare Stärke mit dem Fruchtwasser hinweggeht. Bei größeren Fabriken empfiehlt es sich jedoch, Außenbassins, welche ähnlich gebaut sind wie die vorgenannten, zu verwenden.

Nach erfolgtem Ablagern der Stärke wird durch geeignete Vorrichtungen das über der Stärke stehende Fruchtwasser abgelassen und die Stärke ausgestochen. Da die meiste Stärke am Kopfende des Bassins liegt, befindet sich hier eine Vorrichtung zum Herausbringen derselben. Diese besteht aus einer eisernen Transportschnecke; in diese wird die Stärke von einem Arbeiter hinein geschaufelt und Wasser zugegeben. Letzteres rührt beim Transport die Stärke zu Stärkemilch auf; die Stärkemilch fließt in eine Grube und wird mittelst einer Pumpe in einen Waschbottich zwecks weiterer Verarbeitung gepumpt.

Damit kontinuierlich gearbeitet werden kann, werden nicht alle vorhandenen Bassins zu gleicher Zeit entleert, sondern erst eins, während die andern weiter mit Stärkemilch beschickt werden. Sobald das erste Bassin entleert ist, wird es wieder mit Stärkemilch befüllt, während das zweite abgelassen wird und die Stärke daraus entnommen wird usw. Die Vorteile dieses Verfahrens bestehen darin, daß die Grundfläche, welche die Bassinfluten beanspruchen, bedeutend geringer ist, als die der Absatzbassins, daß bei kleineren Fabriken Außengruben in Fortfall kommen können, daß die Stärke bequem aus den Bassins herausgebracht werden, ununterbrochen gearbeitet werden kann und das Fruchtwasser schnell von der Stärke getrennt wird.

Die Gewinnung der Rohstärke durch **Zentrifugieren** ermöglicht ebenfalls

die sofortige Trennung der Stärke von dem Fruchtwasser. Außerdem liegen die Vorteile dieser Art der Gewinnung der Rohstärke sowohl in der Raumersparnis, da die große Menge der Flächen- oder Absatzbassins fortfällt und in der Ersparnis von Arbeitskraft, indem das Ausstechen der Stärke nicht mehr nötig ist, als auch darin, daß die Stärke zu gleicher Zeit gewonnen, und eine große Reinlichkeit der Arbeit ermöglicht wird.

Die Apparate, welche zu dieser Art der Gewinnung der Rohstärke in Anwendung sind, sind die Scheide-Zentrifuge von H. Schmidt-Cüstrin und die Schleuder-Einrichtung von F. Kaehl-Berlin (letztere erbaut von der Firma Alb. Fesca & Co.-Berlin).

Die **Scheide-Zentrifuge** (Abb. 62) besteht aus einem zylindrischen Mantel, in welchem sich eine stehende Welle dreht, auf der die Zentrifugentrommel und am unteren Ende ein trichterförmiger Konus befestigt ist. Der Antrieb der Trommel geschieht durch einen halbgeschränkten Riemen von einer feststehenden liegenden Vorlegewelle aus, die in zwei Säulen gelagert und durch einen Rahmen mit dem Mantel verbunden ist. Die Betriebsscheibe zur Trommelwelle ist mit der Antriebswelle durch eine Laufbuchse starr verbunden, so daß die Trommelwelle sich nur nach Einrücken des Betriebsriemen dreht, resp. nach dem Ausrücken still steht. Um die Trommel in kurzer Zeit zum Stillstand zu bringen, ist deren Antriebsscheibe mit einer Bremse versehen.

Die Einführung des Stärkewassers in die Zentrifuge geschieht durch einen unter dem Mantelboden liegenden Kanal in einen ringförmigen Raum des Spurlagers, aus welchem es in den Konus fließt, und von diesem in die Zentrifugentrommel geschleudert wird. Wenn das Wasser der Zentrifuge aus einem höher stehenden Gefäß, also mit Druck zufließt, wird zur Erzielung eines gleichmäßigen Zuflusses ein Zuflußregulator in die Leitung eingeschaltet.

Das von der Stärke befreite Wasser wird aus der Trommel durch ein Schälrohr entfernt und von diesem durch ein Rohr weggeleitet.

Die bei langsamem Gang der Trommel mit Wasser aufgerührte Stärke fließt nach Stillstand der Trommelwelle aus der Trommel in den Zentrifugenmantel und aus demselben durch eine im Boden befindliche Öffnung nach einem kleinen Brunnen, aus welchem die Rohstärkemilchpumpe die Stärkemilch nach den Aufwaschbottichen pumpt.

Die Arbeit mit der Zentrifuge geschieht wie folgt: Nachdem dieselbe in Betrieb gesetzt ist, wird das von den Sieben fließende Stärkewasser eingelassen und von dem Konus in die Trommel geschleudert, in welcher es, durch die Zentrifugelkraft gezwungen, hochsteigt und durch das Schälrohr wieder oben aus der Trommel entfernt wird. Die Stärke scheidet sich während des Hochsteigens vom Wasser und setzt sich an der Trommelwand fest, so daß das Schälrohr nur stärkefreies Wasser abführt. Nachdem sich in der Trommel ungefähr $^2/_3$ der Maximalfüllung Stärke abgelagert hat, was die Maschine durch eine Klingel anzeigt, wird der Zufluß abgestellt, frisches Wasser eingelassen und die Trommel durch einen einfachen Handgriff ausgerückt. Durch Anziehen der Bremse und Einrücken der Pumpe wird die Trommel auf langsamen Gang gebracht

und die abgelagerte Stärke durch das Arbeiten der Pumpe in einen Spritzkopf zu Stärkemilch aufgerührt. Nach Stillstand der Trommelwelle fließt die Stärkemilch in den kleinen Brunnen und wird aus demselben mit derselben Pumpe

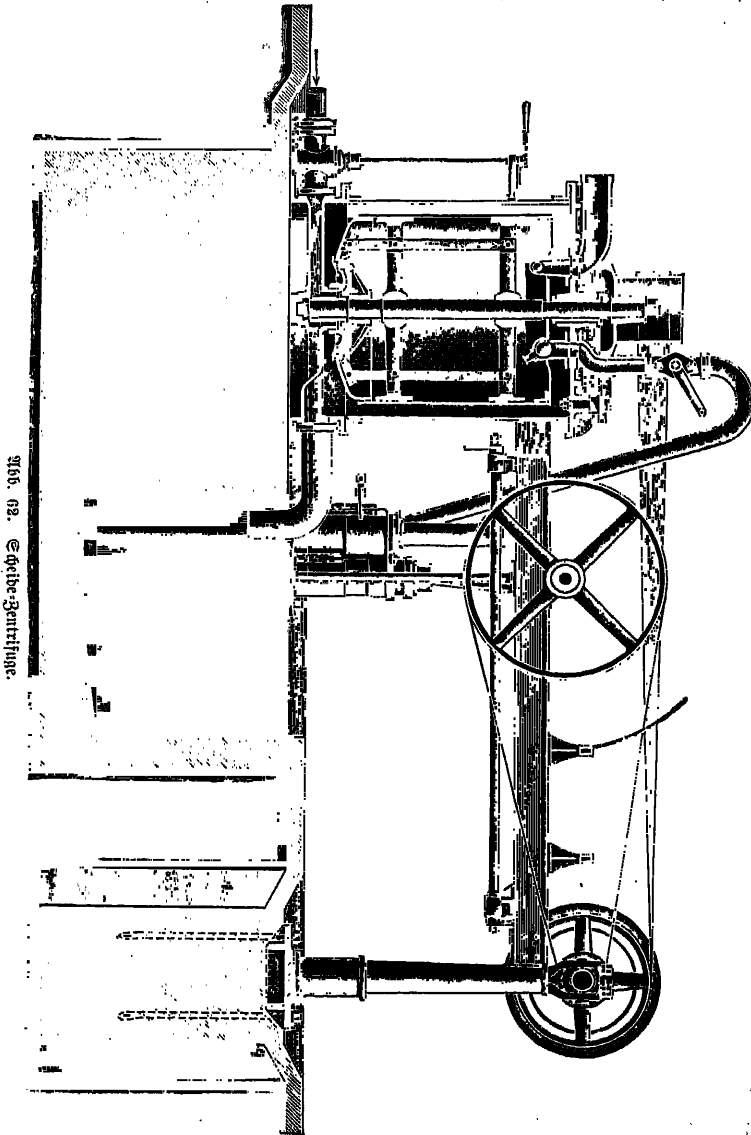


Abb. 62. Scheibe-Zentrifuge.

durch vorheriges Umstellen eines Hahnes nach den Aufwaschbottichen gepumpt. Nach Entleerung der Zentrifuge wird dieselbe wieder in Umdrehung gesetzt und der Zufluß geöffnet, wodurch die Arbeit wieder von neuem beginnt.

Um an Zentrifugengröße zu sparen und ein häufiges Entleeren der Trommel zu vermeiden, leitet H. Schmidt das von den Sieben kommende Wasser nicht direkt in die Zentrifuge, sondern zuerst durch zwei kleine mit Rührwerken versehene Absatzbottiche, in welchen sich die meiste Stärke absetzt und von diesen aus erst in die Zentrifuge. Durch die Praxis hat er festgestellt, daß in zwei Bottichen, deren Inhalt zusammen das in einer Stunde von den Sieben fließende Wasser aufnimmt, $^{3}/_{4}$ der Stärke sich absetzt, so daß nur $^{1}/_{4}$ von der Zentrifuge auszuscheiden ist. Das Wasser fließt durch den ersten Bottich in den zweiten über, aus welchem es durch Schwimmerschlauch entnommen und durch ein Rohr der Zentrifuge zugeleitet wird.

Die Trommel macht 800 Umdrehungen in der Minute; die Flügelwelle, welche das Fruchtwasser gegen die Trommelwandung schleudert, macht 400 Umdrehungen in der Minute. Der Trommeldurchmesser ist ca 700 mm, die Entleerung der Zentrifuge dauert 5—10 Minuten, die Leistung pro Stunde beträgt 25 Ztr. Kartoffeln oder 8 Ztr. feuchte Stärke.

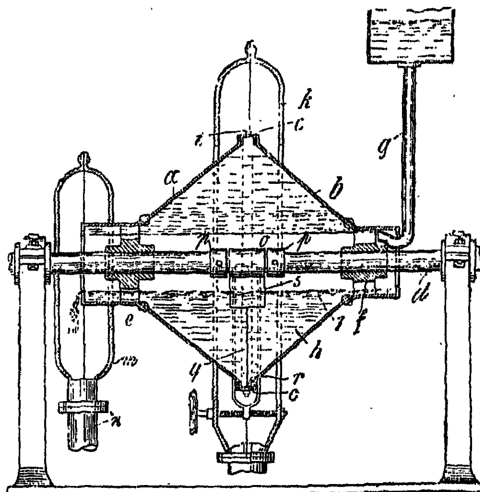


Abb. 63. Schleudereinrichtung von F. Kaehl.

Die **Schleuder-Einrichtung** von F. Kaehl stellt Abb. 63 dar. Die Ausführungsform der Schleuder ist dadurch gekennzeichnet, daß auf der wagerechten Trommelwelle ein Messer (q) derart angebracht ist, daß sein T-förmiges Ende (r) in stetiger Berührung mit der Innenfläche eines die beiden Trommelhälften (a und b) verbindenden Ringes (c) bleibt, um die Austrittsöffnungen (i) vor Verstopfungen zu schützen.

Der Apparat ist eine Schleudertrommel. Die Trommel besteht aus zwei konisch zulaufenden Hälften, welche im stumpfen Winkel zusammenstoßen und zwei durchbrochene, ummantelte Naben von verschiedener Größe besitzen, und von welchen die eine, ebenso wie die Trommel, von je einem Fangring für das aus-

geschiedene Wasser bezw. feste Gut umgeben ist. Die die Trommelöffnungen schließenden Schieber können mittelst einer auf einer Schraubenspindel beweglichen, sich nicht mit der Trommel drehenden Gabel während der Umdrehung der Trommel von der Hand geöffnet und geschlossen werden. Die stumpfkonische Ausbildung der Trommel soll ein leichtes Absetzen der festen Bestandteile und ein allmähliches Nachgleiten an den schrägen Wandungen zu den Austrittsöffnungen gestatten. Durch die hohlen Naben von verschieden großem Durchmesser soll ein ungehinderter, beständiger Zufluß des Schleudergutes und ein ebensolcher Abfluß der abgeschleuderten Flüssigkeit während des Umlaufs der Schleuder ermöglicht werden, und zwar unter Vermeidung der Benutzung einer hohlen Welle.

V. Die Reinigung der Rohstärke.

Die Rohstärke bildet eine mehr oder weniger feste Masse von gelber bis grauer Farbe. Diese Masse, welche hauptsächlich aus Wasser und Stärke besteht, ist durchsetzt von mehr oder weniger großen Mengen von Sand, Faser, Eiweißflocken und anderen Verunreinigungen. Nach Saare beträgt der Wassergehalt ca. 50—55% und die Menge der Verunreinigungen der Rohstärke 0,2—1,1%; zuweilen aber, wenn keine Feinsiebe benutzt wurden, noch bedeutend mehr. Der Zweck der Reinigung der Rohstärke ist nun, die Sand-, Faser-, Eiweiß- und andere Bestandteile von der Stärke zu trennen, um eine reine, blendend weiße Stärke zu erhalten. Die Trennung wird erreicht durch wiederholtes Aufrühren der Rohstärke mit reinem Wasser.

Infolge ihres hohen spezifischen Gewichts setzt sich die Stärke schnell ab, während ein Teil der Verunreinigungen im Wasser schwebend bleibt und mit demselben entfernt wird. Ein anderer Teil der Verunreinigung setzt sich ebenfalls, wenn auch etwas langsamer, ab und bildet mit den kleineren Stärkekörnchen die obere Schicht, welche von der unteren Schicht, die aus dem Erstprodukt, der Primastärke, besteht, abgezogen wird und als Abfallstärke einer weiteren Reinigung zu unterwerfen ist. Die Reinigung geht nun in der Weise von statten, daß nach dem Absetzen der Rohstärke in den Absetzbassins oder Fluten das über der Stärke stehende Wasser abgelassen, die Rohstärke mittelst Schaufeln oder Transportschnecken in Waschbottiche gebracht und mehrere Male mit reinem Wasser jedesmal etwa 1 Stunde gerührt wird. Nach etwa einer Stunde wird das Rührwerk des Waschbottichs hochgezogen und die Stärkemilch etwa 6—10 Stunden der Ruhe überlassen. Während dieser Zeit hat die Stärke sich abgesetzt und zwar befinden sich zu unterst die großen Stärkekörner und der Sand, letzterer dicht bei dem Rührflügel, dann folgt eine Schicht guter Stärke und die oberste Schicht, die sogenannte Schlammschicht, bilden wieder kleine Stärkekörnchen, Faserteile, Eiweißflocken und andere Verunreinigungen. Über der obersten Schicht steht das Wasser, welches nun mittelst Heber oder durch Öffnungen, sogenannte Schlammpforten, welche am unteren Teile des Waschbottichs angebracht sind, abgelassen wird. Darauf wird die oberste Schicht, die Schlammschicht, mittelst Holzkrücken unter Nachspritzen mit Wasser von der darunter befindlichen

reinen Stärke abgezogen, durch die Schlammpforte entfernt und einer weiteren Behandlung unterworfen. Die reine Stärke wird dann entweder ausgestochen und bildet bei den Naßstärkefabriken das fertige Produkt, die feuchte oder grüne Stärke, oder sie wird in den Trockenstärkefabriken mit Wasser aufgerührt und zwecks weiterer Reinigung und Vortrocknung in den Zentrifugenquirl befördert.

Die Abfallstärke, Schlammstärke, wird in einem unterirdischen Quirl mit Wasser angerührt und mittelst Schlammpumpe auf das Schlammsieb gehoben, welches mit Metallgaze Nr. 120 oder Seidengaze Nr. 12 belegt ist. Diese Stärkemilch gelangt nun von dem Schlammsieb in einen Verteilungskasten und von dem auf die Schlammtafeln, das sind lange, schmale, spatenstichbreite Rinnen, von denen mehrere nebeneinander liegen. Auf diesen Rinnen setzt sich am oberen Ende meist die gute Stärke ab, welche mit der im Waschbottich befindlichen Primastärke häufig vereinigt wird, am unteren Ende setzt sich eine weniger gute Stärke ab, die als zweites Produkt, Sekundastärke, in den Handel gebracht wird.

Die Abwässer von den Absatzbassins, Fluten, Waschbottichen und Schlammtafeln führen immer mehr weniger große Mengen von Stärke mit. Zur Gewinnung dieser Stärke leitet man die Abwässer über mehrere außerhalb der Fabrik angelegte Außengruben, die miteinander in Verbindung stehen. Aus der letzten Grube wird das Abwasser dann direkt auf Rieselwiesen geleitet, deren Ertragfähigkeit durch das die löslichen Eiweißstoffe und Salze enthaltende Wasser sehr gesteigert wird. In den Außengruben, namentlich in der ersten setzt sich nun die Stärke ab. Entweder nach Befüllung eines Außenbassins, oder meist erst am Ende der Kampagne wird diese Stärke, Schlammstärke, aufgearbeitet. Die Aufarbeitung geschieht durch Sieben, Waschen und Fluten auf Schlammtafeln. Hierbei wird noch ein drittes Produkt gewonnen, das ist der Stärkeschlamm.

Das Absetzen der Stärke geht zuweilen, z. B. bei Verarbeitung fauler Kartoffeln und bei Verarbeitung von Schlammstärke, sehr mangelhaft von statten. Unsauberkeit des Betriebes, faule, erfrorene, halbreife oder durchgewachsene Kartoffeln, oder Bakteriengärungen oder Hefengärungen, häufig durch ungenügendes Reinigen der Apparate verursacht, können die Ursache des schlechten Absitzens der Stärke sein. Bakteriengärungen stellen sich in eiweißhaltigen Flüssigkeiten namentlich bei wärmerer Jahreszeit sehr leicht ein, sie halten die stärkehaltigen Schlammteilchen in Bewegung und verhindern dadurch das Absetzen der Stärke. Aber auch durch nicht genügende Verdünnung des Fruchtwassers und durch schlechtes Sieben wird das Absetzen der Stärke nach Saare sehr erschwert. Die Mittel, ein schnelles und glattes Absetzen der Stärke herbeizuführen, bestehen erstens in einer weitgehenden Verdünnung des Fruchtwassers, indem sich die Stärke um so schneller absetzt, je reiner, d. h. je dünner das Fruchtwasser ist, zweitens in der Anwendung von guten Feinsieben und drittens im Gebrauch von Chemikalien. Als Chemikalien kommen in Anwendung Schwefelsäure, schweflige Säure, doppeltschwefligsaurer Kalk und Natronlauge. Schwefelsäure ist nicht immer wirksam und auch sehr schwer aus der Stärke zu entfernen. Sind Eiweißkörper oder Hefengärungen die Ursache des schlechten Absitzens der Stärke, dann wirkt

Schwefelsäure meist nicht. Am besten und meist am sichersten ist die Anwendung von schwefliger Säure und doppeltschwefligsaurem Kalk, da diese Agentien sowohl Bakterien und Hefen töten, als auch die Eiweißkörper genügend lösen. Außerdem ist auch die schweflige Säure leicht durch Waschen und durch Trocknen der Stärke zu entfernen. Wenn aber Einlagerung zwischen oder Umlagerung von Eiweißkörpern um die Stärkekörner die Ursache des schlechten Absitzens der Stärke sind, dann versagt nach Saare häufig auch die schweflige Säure und ist in diesem Falle die Verwendung von Natronlauge geboten. Einen Weg, die anzuwendende Menge der Chemikalien zu bestimmen, gibt Saare in seiner „Fabrikation der Kartoffelstärke“ S. 258 wie folgt an:

„Zu dem Zwecke werden gleich große und konzentrierte Proben der zu prüfenden Stärkemilch in Glaszylinder von ca. 50 cm Höhe und 45 mm lichtem Durchmesser und einer Marke, z. B. bei 250 ccm Inhalt verteilt und aus einer in $^{1}/_{10}$ ccm geteilten Pipette 0,1, 0,2, 0,3 usw. ccm von Normalschwefelsäure (40 g Schwefelsäureanhydrid in 1 l), schwefliger Säure von bekannter Verdünnung (z. B. 1 Tl. doppeltschwefligsaurem Kalk auf 10 Tl. Wasser) oder Normalnatronlauge (40 g festes Natronhydrat in 1 l) zugelassen, umgeschüttelt und der Effekt auf das Absitzen beobachtet. Meist tritt bei wirkendem Zusatz eine deutliche Scheidung schon nach wenigen Minuten ein, und nach 1 Stunde sieht man die volle Wirkung an der Art des Absitzens und der Scheidung.

War die angewandte Menge Stärkemilch 250 ccm und der die günstigste Wirkung hervorrufende Schwefelsäurezusatz z. B. 0,4 ccm Normalsäure, so berechnet sich der Zusatz auf einen Quirlbottich mit 3000 l Inhalt wie folgt: 1 ccm Normalschwefelsäure = 0,049 g konz. englischer Schwefelsäure (66° Bé.), also 0,4 ccm = 0,0196 g auf 250 ccm oder 19,6 g auf 250 l, d. h. 235 g oder rund $^{1}/_{2}$ Pfund konzentrierter Schwefelsäure auf 3000 l.

War schweflige Säure oder schwefligsaurer Kalk von besserem Erfolg, so würde sich die Berechnung wie folgt stellen: Zu 250 ccm verbraucht z. B. 1,0 ccm schwefliger Säure von $2^{1}/_{2}$° Bé., also zu 250 l 1,0 l und zu 3000 l = 12 l schwefliger Säure. Ebenso ist die Berechnung für doppeltschwefligsauren Kalk.

Hatte endlich Natronlauge die beste Wirkung, so verläuft die Rechnung wie folgt: Es seien zu 250 ccm Stärkemilch verbraucht 0,5 ccm Normalnatronlauge, 1 ccm derselben entspricht 0,04 g festem Natronhydrat, also 0,5 ccm = 0,02 g. Auf 250 l entfallen also 20 g, auf 3000 l 240 g festes Natronhydrat oder etwa das Dreifache an käuflicher Lauge in flüssiger Form.“

In einigen Fällen sind nach Saare bei erfrorenen Kartoffeln $^{1}/_{4}$ l doppeltschwefligsaurer Kalk auf 1 cbm Waschwasser im Quirl, bei faulen Kartoffeln $^{1}/_{6}$ l Schwefelsäure oder $^{1}/_{2}$ l doppeltschwefligsaurer Kalk auf 1 cbm Waschwasser, und bei unreifen Kartoffeln 0,4—0,5 kg festes Natronhydrat oder 1,2—1,5 flüssige Natronlauge auf 1 cbm Waschwasser von Wirkung gewesen. Saare bemerkt ferner, daß bei unreifen Kartoffeln schon nach kurzer Zeit, höchstens nach 4 Wochen, das schlechte Absitzen der Stärke meist von selbst verschwindet.

Für die Beurteilung der Qualität der Stärke ist für den Stärkefabrikanten von großer Wichtigkeit zu wissen, daß das fertige Primaprodukt keine Säure

mehr enthalten darf. Er muß also den Arbeitsgang so führen, daß die zugesetzte Säure während der Verarbeitung wieder entfernt wird.

Die **Waschbottiche** sind meist rund, seltener viereckig und aus Mauerwerk mit Zementputz, Holz oder Eisenblech hergestellt. Die Quirlvorrichtung besteht aus Rührflügel an einer senkrechten Achse, welche aus der Flüssigkeit gehoben werden können, wenn die Stärke sich setzt, und hineingesetzt werden, wenn sie aufgerührt werden soll. Die Flügel werden entweder durchbrochen und gerade oder massiv und schräg hergestellt, unten mit Bürsten versehen oder nicht. In Abb. 64 und 65 ist ein Waschbottich mit Quirl- und Kippvorrichtung abgebildet. Man macht die Waschbottiche bei einem Durchmesser von 2—2,5 m durchschnittlich 1 m tief. Man erzielt eine genügende Reinigung der Stärke, wenn man die Waschbottiche zu $^1/_3$ mit Stärke und zu $^2/_3$ mit Wasser füllt, und zwei- bis

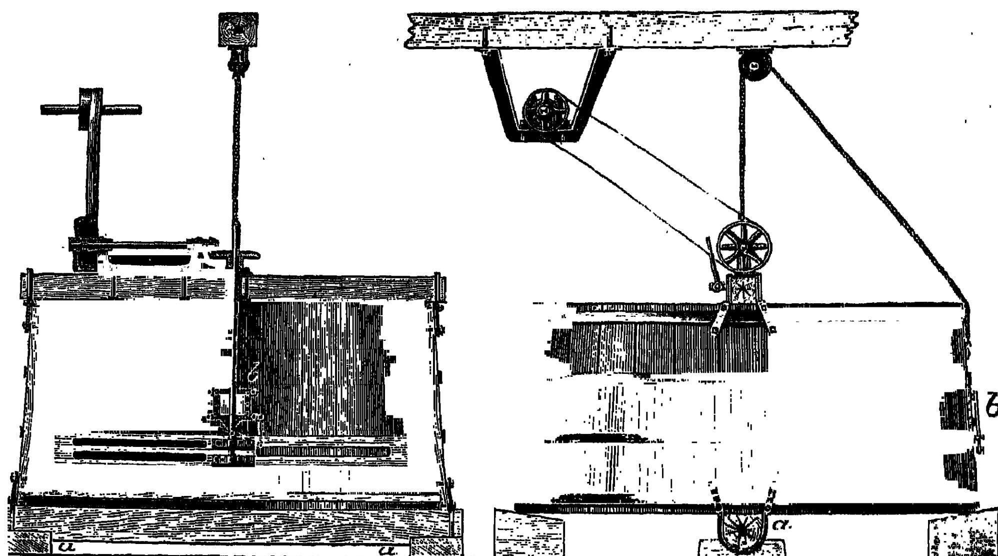


Abb. 64. Waschbottich. Abb. 65.

dreimal je eine Stunde lang quirlt. Je länger über dieses Maß hinaus die Stärke gequirlt wird, um so schlechter setzt sie sich ab und um so mehr Nachprodukte erhält man. Es ist zweckmäßiger, wenn in einer Fabrik eine größere Anzahl kleiner Quirle als wenige große vorhanden sind, da man im ersteren Falle die Qualitäten besser scheiden kann. Auf 1 Ztr. Kartoffeln kann man in Naßstärkefabriken bei einmaligem Waschen 0,03 cbm, in Trockenstärkefabriken bei dreimaligem Waschen 0,09 cbm Quirlraum rechnen.

(Bei den Absatzbassins rechnet man auf 1 Ztr. Kartoffeln etwa 0,5 cbm Absatzraum).

Außer durch Absitzenlassen in Waschbottichen geschieht das Reinigen der Rohstärke auch durch Zentrifugieren. Nach dem Verfahren von R. Schrader-Charlottenburg wird die Reinigung dadurch bewirkt, daß die Roh-

stärkemilch der Reihe nach eine Anzahl von Quirlbottichen durchfließt. Dabei wird das Ablaufwasser jedes einzelnen Apparates dem vorhergehenden wieder zugeführt, so daß also Ablaufwasser nur aus dem ersten Apparat dauernd abfließt. Das Reinigungswasser andererseits wird nur in den letzten Apparat eingeführt und geht dann, vermischt mit den Fruchtwasserresten, entgegengesetzt der Stärkemilch rückwärts durch die Reihe der Apparate, um die Anlage durch den ersten Apparat hindurch zu verlassen. Hierdurch wird bezweckt, daß die Stärke dadurch, daß die Stärkemilch und das Reinigungswasser den entgegengesetzten Weg durch die Anlage machen, immer mehr gereinigt wird und sich das Wasser immer mehr mit den Verunreinigungen und dem Fruchtwasser vermischt; gleichzeitig soll die Stärkemilch soweit konzentriert werden, daß sie zur Weiterverarbeitung geeignet ist. Zur Überführung der Stärkemilch, des Frucht- und Ablaufwassers aus einem Apparat in den anderen, wird die Zentrifugalkraft benutzt. Durch das Zentrifugieren sollen die in den Apparaten befindlichen Flüssigkeiten eine so große Geschwindigkeit erhalten, daß sie ohne weiteres durch geeignete Rohrleitungen von einem Apparat in den anderen geführt werden können.

VI. Das Trocknen der Stärke.

Wie im vorigen Abschnitt schon erwähnt, ist die in den Waschbottichen gewaschene und abgesetzte Stärke das Endprodukt der Naßstärkefabriken. Die nasse, feuchte oder grüne Stärke hat einen Wassergehalt von 48—52 %. Infolge ihres hohen Wassergehaltes ist die Naßstärke aber nicht lange haltbar, sie unterliegt leicht der Säuerung, namentlich der Buttersäuregärung, und wird dann bald unbrauchbar. Zur Herstellung einer haltbaren Stärke, der sogenannten Handelsstärke, ist es notwendig, der feuchten Stärke den größten Teil ihres Wassers zu entziehen. Bei einem Wassergehalt von ca. 20 % ist die Stärke lagerfest. Die Wasserentziehung geschieht durch das Trocknen der Stärke, letzteres wird in zwei Abschnitten ausgeführt; man unterscheidet die Vortrocknung und die Nachtrocknung.

Das **Vortrocknen** der Stärke erfolgt in der Weise, daß die reingewaschene Stärke zu einer Stärkemilch von etwa 22—23° Bé. aufgerührt, und mit dieser Milch eine Zentrifuge beschickt wird. Sobald nun die Zentrifuge nach der Beschickung mit Stärkemilch in rasche Rotation versetzt ist, werden die Stärkekörner von der Zentrifugalkraft an den äußersten Rand der Siebtrommel der Zentrifuge geschleudert und sie lagern sich hier in Form eines allmählich dicker werdenden Ringes ab. Ein Teil des Wassers wird durch die abgelagerte Stärkeschicht und durch die gelochte Wandung der Siebtrommel hindurch geschleudert; es sammelt sich in dem zwischen der Lauftrommel und dem Trommelmantel befindlichen Raume und fließt von hier ab. Auf diese Weise wird die Stärke vorgetrocknet, entwässert. Aber außer dieser Entwässerung leistet die Zentrifuge noch eine andere sehr wichtige Arbeit, das ist die nochmalige Reinigung der Stärke. Während durch die Zentrifugalkraft die Stärke gegen die Wandung der Siebtrommel geschleudert wird, bleiben die Verunreinigungen der Stärke, die Faser-

teilchen, länger in der Flüssigkeit suspendiert und werden endlich in Form einer zusammenhängenden Lage auf der innersten Schicht der sich ringförmig an der Siebtrommel absetzenden Stärke zurückgehalten, wo sie alsdann durch Abschaben entfernt und zwecks Gewinnung der noch an ihnen haftenden Stärke einer weiteren Behandlung unterworfen werden. Zu den Verunreinigungen der Stärke gehören auch die namentlich aus faulen Kartoffeln stammenden Buttersäurebakterien, welche geeignet sind, eine Stärke für die Verwendung in der Preßhefefabrikation unbrauchbar zu machen. Diese Buttersäurebakterien, welche nach Saare in der Form von Dauersporen sich in der aus faulen Kartoffeln stammenden Stärke vorfinden, sind aber gegen den Sauerstoff der Luft sehr empfindlich, sie können die Gegenwart des Luftsauerstoffes nicht ertragen. Durch das Zentrifugieren wird sehr viel Luft in die Stärke gebracht, die schädliche Wirkung der Buttersäurebakterien wird also dadurch aufgehoben. Infolge der Zentrifugalkraft gelangen auch die Bakterien aus der Stärke in die Schlammstärke und werden auf diese Weise von der guten Stärke getrennt. Saare fand in dem Schlamm, der von dem Innenring der Stärke nach dem Zentrifugieren abgekratzt wird, große Mengen von Buttersäurebakterien. Ein sorgfältiges Zentrifugieren der Stärke ist daher von großer Bedeutung für die Verwendungsart der Stärke. Das Abschaben der Schlammstärke und das Entleeren der Zentrifuge geschieht, nachdem die Zentrifuge in Stillstand gebracht ist; letzteres geschieht, sobald kein Wasser mehr abgeschleudert wird.

Die so auf etwa 36—44 % Wasser vorgetrocknete Stärke wird aus der Zentrifuge herausgebracht, mit der Hand oder mittelst besonderer Maschinen, wie z. B. Transportschnecke, kleines mit Kupferblech von 5—6 mm Lochung belegtes Bürstenbottichsieb oder Desintegrator, zerbröckelt und nun zur Nachtrocknung auf Horden oder Apparate Temperaturen von 31—42° C. solange ausgesetzt, bis sie ca. 20 % Wasser hat. Die so getrocknete Stärke wird dann entweder z. B. bei Hordentrocknung als Hordenstärke in den Handel gebracht, oder sie wird unter Anwendung von Stärkemühlen und Sichtmaschinen weiter pulverisiert und als Kartoffelmehl gehandelt.

Das Prinzip der Nachtrocknung ist folgendes: Die Stärke soll ihren Wassergehalt möglichst von 38 % auf 20 %, also um 18 % verringern, ohne dabei selbst eine so hohe Temperatur zu erreichen, daß sie verkleistert, was bei 45° C. stattfindet. Wollte man also Stärke einfach erhitzen ohne die Luft abzuleiten, so würde letztere bald mit Wasserdampf gesättigt sein, die Stärke kein Wasser mehr verdunsten und sich selbst so stark erhitzen, daß sie verkleistert. Man muß daher immer neue Luft zuführen, welche Wasser aufzunehmen im stande ist und, da die Luft mit wachsender Temperatur in der Progression wachsende Mengen Wasser aufnehmen kann, so wird man der warmen Luft den Vorzug vor der kalten geben müssen, denn in dem Maße wie das Wasser von der Stärke verdunstet, entzieht es dieser Wärme und die Temperatur der letzteren bleibt also eine geringe. Die Hauptfaktoren bei dem Stärketrocknen sind also Vermeidung direkter Erwärmung der Stärke, Begünstigung der Wasserverdunstung durch Zuführung vieler aber warmer Luft und Bewegung.

Die **Zentrifuge** Abb. 66 besteht aus einer zylindrischen oben offenen, unten geschlossenen Trommel aus stärkstem Stahlblech, welche auf einer vertikalen Spindel aufgehängt ist und in schnelle Rotation versetzt werden kann. Im Innern ist die Trommel mit einem Messingdrahtnetze und mit Preßtuch oder Barchent ausgekleidet; die Trommelwandung ist durchlocht, der Trommelboden ist massiv, er erhebt sich in der Mitte zu einem Kegel, in dessen höchstem Punkt die Trommel auf der Spitze der Spindel hängt. Durch Alb. Fesca, der zuerst die Stärkemilch-Zentrifuge eingeführt hat, ist eine Verbesserung der Zentrifugen dadurch getroffen, daß seine Zentrifugen am Boden der Trommel dichtschließende, durch eine Schraubendrehung leicht zu öffnende Entleerungsöffnungen besitzen. Dadurch braucht die Stärke nicht mehr über den Rand der Zentrifuge gehoben zu werden, sondern kann nach unten hin ausgestoßen werden. Nach außen hin ist die Trommel durch ein Gehäuse abgeschlossen, welches oben über den Trommelrand übergreift und unten durch einen Boden abgeschlossen ist.

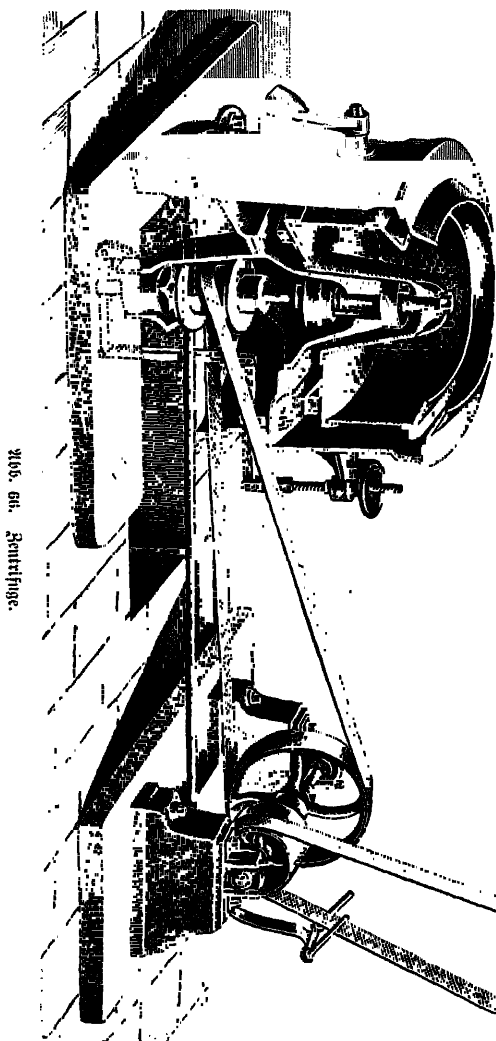


Abb. 66. Zentrifuge.

Man unterscheidet Zentrifugen mit beweglicher Spindel und solche mit fester Spindel. Bei der beweglichen Spindel ruht der untere Teil in einem Kugelspurlager und das obere Halslager ist zwischen einem System von Gummipuffern aufgehängt, weshalb diese Zentrifugen auch Pufferzentrifugen genannt werden. Die Gummipuffer gestatten nämlich einerseits eine gewisse Ausweichung der Spindel aus der vertikalen Lage, andererseits bewirken sie durch ihre Elastizität, daß die Spindel sogleich wieder in die normale Lage zurückkehrt. Bei der festen Spindel ist das Halslager fest mit dem eisernen Untergestell verbunden. Bezüg-

lich der Leistungsfähigkeit wird den Zentrifugen mit fester Spindel der Vorzug gegeben.

Die Leistung und der Kraftverbrauch der Zentrifugen richtet sich nach der Tourenzahl, sie schwankt zwischen 35—50 kg pro Füllung und ergibt Stärke von 36—44 % Wassergehalt. Der Wassergehalt der Zentrifugenstärke ist aber nicht allein abhängig von der Tourenzahl, sondern auch von der Größe der Füllung und der Dauer der Benutzung des Tuches, das zum Auslegen der Zentrifuge dient.

Saare fand bei der Prüfung der Leistung verschiedener Zentrifugen folgende Zahlen:

System	Tourenzahl	Kraftverbrauch Pferde	Leistung kg	Wassergehalt der Stärke %	Entsprechend 20 % = Stärke kg	Zeitdauer des Zentrifugierens Minuten
Butalis	1051	4	—	36—37	—	
Rudolph . . .	1100	$3\frac{2}{5}$	44	42—44	31—32	
" . . .	934	$2\frac{4}{5}$	35	38	27	5
" . . .	—	—	47	38—40	35—36	15
Fesca	1256	$3\frac{1}{10}$	50	37—38	39	15
" ohne Einsatz	652	$2\frac{3}{5}$	50	42—44	35—36	9

Die Schleuderzeit ist abhängig von der Reinheit der Zentrifugentücher, der Tourenzahl und der Größe der Füllung. Gewöhnlich wird die Trommel halb gefüllt. Normal beträgt die Schleuderzeit rund 5 Minuten. Wird die Stärke durch die Zentrifuge nicht genügend gereinigt oder entwässert, so ist im ersten Falle ein größerer Stippenreichtum, oder graue, gelbe Färbung der Stärke und größerer Reichtum an Pilzkeimen die Folge, im anderen Falle wird eine zu langsame Nachtrocknung bewirkt, oder bei Trockenapparaten eine Überlastung der Tücher und eine stärkere Griesbildung, da mehr wasserreichere Stärke auf die Tücher gelangt und also auch feuchtere Stärke auf die heißeren unteren Tücher.

Die **Hordentrocknung.** Der Verlauf der Trocknung ist folgender: In den beiden ersten Stunden ist die Verdunstung des Wassers nur gering, weil sie nur an der Oberfläche der Stärkemassen stattfindet, während die überschüssig zugeführte Wärme zur Durchwärmung der ganzen Masse verbraucht wird. Ist aber die ganze Masse gleichmäßig erwärmt, findet also eine lebhaftere Verdunstung an jedem Stärketeile statt, so wird jeder Überschuß an zugeführter Wärme sofort Verdunstung veranlassen. Infolgedessen verdunstet in den nächsten zwei Stunden viel Wasser, welches aber beim Verdunsten soviel Wärme absorbiert, daß die Temperatur der Stärke entweder nur schwach sich steigert, oder sogar ein wenig sinken kann. Da nun konstant neue Wärme zugeführt wird, die Verdunstung aber mit abnehmendem Wassergehalt bei der großen Neigung der Stärke, in trockneren Stadien das Wasser zurückzuhalten, geringer werden muß, so tritt eine allmähliche Erwärmung der Stärke ein. Dieser Kampf zwischen der wasser-

anziehenden Kraft der Stärke und der umgebenden warmen Luft, in welchen die letztere Schritt für Schritt vorrückt, hält in den ersten 20 Stunden an, und es wird unter allmählicher Temperaturerhöhung der Stärke in gleichen Zeiten annähernd gleichviel Wasser verdunstet. Nach dieser Zeit hat die Stärke die Temperatur der umgebenden Luft nahezu erreicht und von dem Zeitabschnitte an wird die Verdunstung eine bedeutend langsamere, während die Temperatur der Stärke naturgemäß nicht mehr steigt. Will man die langsame Verdunstung durch eine schnellere ersetzen, so genügt es nicht, die Temperatur der umgebenden Luft allein zu steigern, da sich dann auch bei schwachem Luftzug die Temperatur der Stärke zu weit erhöht, sondern man muß durch starken Wechsel von warmer Luft (da kalte weniger Wasser aufnimmt) auch für eine starke Verdunstung sorgen, wodurch die Temperatur der verdunstenden Stärke herabgedrückt wird.

Die Hordentrocknung geschieht in Trockenstuben und Trockenkammern. Die Größe derselben richtet sich nach der Größe der Verarbeitung, sie beträgt nach Saare auf 1 Ztr. Kartoffeln 1 cbm Raum bei 3 m Höhe. Außer Trockenstuben und Trockenkammern kommen noch Kanäle bei der Hordentrocknung in Anwendung. Man bezeichnet diese Art der Trocknung als Kanaltrocknung.

Die Horden sind viereckige Holzrahmen — 1 m lang, $^1/_2$ m breit —, welche mit Sacktuch überspannt sind. Jede solche Horde liefert je nach der Güte der Ventilation 1,5—3 kg fertige Stärke. Die Horden ruhen auf zweckmäßig angeordneten leicht zugänglichen Gestellen in mehreren Reihen (bis zu 17) übereinander. Der Abstand der einzelnen Reihen voneinander beträgt etwa 15 cm. Die Horden werden entweder in großen Trockenstuben, welche über den Fabriksräumen sich befinden, untergebracht oder in einzelnen Kammern, von denen jede nur die in einer ganzen oder halben Tagesarbeit gewonnene Stärke aufnimmt.

Die Heizung der Trockenstuben geschieht durch Heizrohre von 125—200 mm Durchmesser aus Gußeisen oder Eisenblech mit Abdampf oder auch noch mit direktem Dampf. Die Heizrohre werden entweder nur am Boden oder auch in der Mitte unter den Horden hingeführt. Die Ventilation muß eine kräftige und von allen Seiten gleichmäßige sein. Zu dem Zwecke leitet man die Luft von Öffnungen in der Wand am Boden der Stube durch viereckige Holzkasten, deren Deckelbrett gelocht ist, unter die Horden in der Weise, daß die einströmende Luft gegen die Heizröhren trifft und an diesen angewärmt wird. Zur Verstärkung der Ventilation bringt man vielfach viereckige Holzschlote an, welche ca. 30 cm im Quadrat Querschnitt und 2 m Höhe haben. Falls diese zeitweise nicht genügen, so kann man nach Saare sie zu guter Wirkung bringen, wenn man in die Schlote dünne Gasrohre mit Düsen einführt und durch dieselben direkten Dampf vom Kessel bläst.

In größeren Stärkefabriken werden zuweilen Ventilatoren gebraucht, welche in einem von Dampf umströmten Röhrensystem vorgewärmte trockene Luft in die Trockenstube drücken und Exhaustoren, welche die feuchte Luft durch einen an der Decke des Raumes hinlaufenden Kanal absaugen. Der Querschnitt des Absaugekanals muß dann größer sein, als die Summe aller über den Horden liegenden Öffnungen in demselben.

Zur Vorwärmung einzudrückender Luft ist für kleinere Fabriken nach Saare folgende Einrichtung zweckmäßig: Am Boden des Trockenraumes ist ein Ventilator von 56 cm Durchmesser und 14 cm Breite angebracht. Derselbe macht 1000 Umgänge in der Minute, und drückt die Luft in die Trockenstube. Die Luft wird mittels eines Blechrohres angesaugt, welches in einen Trichter über dem Dome des Dampfkessels mündet, so daß sie hier vorgewärmt wird. Der Ventilator drückt die Luft durch am Boden des Hordenraumes liegende Blechrohre in denselben, und an der Decke zieht die feuchte Luft durch einen hölzernen mit Schiebern versehenen Kanal ab. Die Gefahr, daß die eingesaugte Luft Kohlenstäubchen vom Feuerungsraum mitnimmt, läßt sich leicht dadurch beseitigen, daß man den Ansaugetrichter mit einem Friesmantel umkleidet, oder sonst an einer Stelle des Saugrohres einen Friesfilter einschaltet.

Die Trockenkammern sind den großen Trockenstuben vorzuziehen. Die Schnelligkeit der Trocknung und der Verlauf derselben ist bei ihnen leichter zu regulieren, da die Kammer geschlossen bleibt und in demselben Raume nur Stärke von jederzeit gleichem Wassergehalte, nicht wie in den Trockenstuben feuchte und trockene durcheinander, sich befindet. Die warme Luft wird durch einen Ventilator zugeführt, welcher die Außenluft in ein Rohr treibt, welches sich in viele dünne Rohre teilt. Diese werden, in einem gemeinsamen Mantel liegend, vom Abdampfe umspült, und vereinigen sich wieder in ein Hauptrohr, aus welchem durch geschlitzte Standrohre und gelochte Kanäle die erwärmte Luft unter die Horden tritt.

Die **Kanaltrocknung** besteht darin, daß die Stärke auf Horden ausgebreitet wird, welche in Gestellen auf kleinen Schienenwagen ruhen und in den Kanal eingeschoben werden, während gleichzeitig erhitzte Luft über die Horden geschickt wird. R. Lehmann-Dresden und Uhland-Leipzig bauen die Kanaltrocknung. Bei diesem System sind einer oder mehrere tunnelartige Räume (Kanäle) vorhanden, in der Regel von 8—10 m Länge, 1 m Breite und 2 m Höhe. Jeder dieser Kanäle nimmt 6—8 fahrbare Trockengestelle auf, von welchen jedes einzelne 15—20 mit Stärke belegte Horden trägt. Die Trockenwagen laufen in den Kanälen auf Schienen. Die Kanäle werden entweder gemauert oder bei Dampfheizung aus Holz hergestellt. Durch einen Ventilator wird erwärmte Luft in den Kanal hineingedrückt. Bei sehr langen Kanälen empfiehlt es sich außerdem, die feuchte Luft durch einen Exhaustor abzusaugen. Die Bewegung der Luft findet in entgegengesetzter Richtung zu der der Wagen statt. Dadurch vermeidet man, daß feuchte Luft mit trockener oder nahezu trockener Stärke in Berührung kommt. Bei regelmäßigem Betriebe wird durchschnittlich jede Stunde ein Wagen mit trockener Stärke aus dem Kanal entfernt und auf der anderen Seite ein Wagen mit frischer feuchter Stärke eingeschoben. Hieraus ergibt sich bei sechs Wagen eine Trockendauer von sechs Stunden.

Einen größeren Uhlandschen Trockenkanal beschreibt Saare im Jahrbuch des Vereins der Spiritusfabrikanten 1901, S. 146: Der Kanal hatte eine Fabrik zu bedienen, welche 800 Ztr. Kartoffeln am Tage rieb; er ist 20 m lang, ungefähr $1^1/_2$ m hoch und ebenso tief; er faßt 250 Horden, je 80 : 120 cm, von

denen je 10 über einander liegen. Es ist ein langer, gemauerter Kanal; an beiden Seiten sind Zutrittsöffnungen, die aus 10 Klappen in Breite und Höhe einer Horde bestehen, und welche durch Hebelwerk schnell, fast selbsttätig zu schließen sind. Auf der Einbringungsseite werden die Horden hereingeschoben. Es befindet sich dort ein Vorschubapparat, der durch Antreiben mittels einer Handkurbel und Zahnstangen die Horden um ihre eigene Länge vorwärtsschiebt. Dieselben treten in den Kanal und werden in dem Kanal auf an den Seitenwänden in Abständen von 30 cm angebrachten Rollen, in dem Maße, wie sie an der Einbringeseite zugeschoben werden, vorwärts bewegt. Auf der entgegengesetzten Seite ist dieselbe Vorrichtung; dort werden die Horden einfach herausgezogen. Zur Bedienung genügen drei weibliche Personen, zwei zum Einbringen und eine zum Entleeren der fertigen Horden. Die Zeit, welche die Stärke im Kanal zubringt, beläuft sich auf 3 bis 4 Stunden; dann ist die Stärke trocken. Die Trocknung wird lediglich durch erwärmte Luft bewirkt. Das ist ein wesentlicher Punkt, daß hier strahlende Wärme auf die Stärke nicht einwirkt, sondern nur warme Luft. Dieselbe wird erzeugt in einer Heizkammer, welche sich am Ende, wo die Stärke herausgenommen wird, befindet, und von wo ein Druckventilator die Luft hineindrückt, die auf 50—60° C. erwärmt wird, und nun durch den Kanal durchstreicht, nach der Seite zu, an der die feuchte Stärke hereinkommt. Am Ende dieses Kanals ist die Temperatar etwa 20°, so daß die Stärke ganz allmählich auf die höhere Temperatur in den 3 bis 4 Stunden gebracht wird. An der Einbringeseite, wo der Luftstrom austritt, befindet sich wiederum ein Ventilator, der die Luft aufsaugt. Dieser wirkt aber schwächer als der Druckventilator, der die Luft einbläst. Dadurch entsteht eine gewisse Überstauung der Luft und dadurch eine gleichmäßigere Verteilung. Das ist ein Problem, welches früher der Kanaltrocknung Schwierigkeiten bereitete, da sich die warme Luft oben und die kalte Luft unten befand, so daß ein Ausgleich nicht recht stattfand. Der Apparat erzeugt Stückenstärke und trocknet gut.

Die Trocknung in Apparaten bezweckt bei möglichster Einschränkung des Raumes große Mengen von Stärke schnell zu trocknen.

Von den Trockenapparaten kommen hauptsächlich in Betracht das Tuch ohne Ende, der Fehrmannsche Trockenapparat und der Vakuum-Trockenapparat.

Die Konstruktion und Arbeitsweise des **Tuches ohne Ende** (Abb. 67) ist wie folgt: Das Gestell des Apparates ist ganz aus Eisen gebaut. Die Tücher 15—30 sind übereinander angeordnet und laufen an beiden Enden über Walzen, von denen je eine einzeln ohne Rücksicht auf die anderen, und während des Ganges nachgespannt werden kann. Die Walzen werden durch Zahnradantrieb in Bewegung gesetzt und erhalten die Tücher dadurch einen beständigen Kreislauf in wagerechter Richtung. Der Tücherlauf kann auf verschiedene Geschwindigkeiten, entsprechend der Art des zu trocknenden Materials, gebracht werden.

Der Hauptantrieb erfolgt durch nur einen Riemen mittelst Fest- und Losscheibe. Zwischen den Tüchern befinden sich die Heizkörper in der dem Trockengut entsprechenden Anordnung und Zahl. Dieselben werden durch ein gemeinschaftliches Rohr meistens mit Abdampf gespeist.

Die zu trocknende Zentrifugenstärke wird mittelst Elevator hoch gehoben und fällt vorerst in einen Verteilungsapparat, welcher dieselbe gleichmäßig auf dem obersten Tuche ausbreitet. Dieses führt die Stärke bis zu seinem Abfallende mit, wo dieselbe auf das zweite, etwas vorstehende Tuch fällt, von diesem dann auf das dritte, und so fort, bis sie von dem untersten Tuche fertig getrocknet abgefangen wird.

Die Länge, Breite und Anzahl der Tücher und somit die Größe des Apparates richtet sich nach der Menge der Stärke, welche getrocknet werden soll.

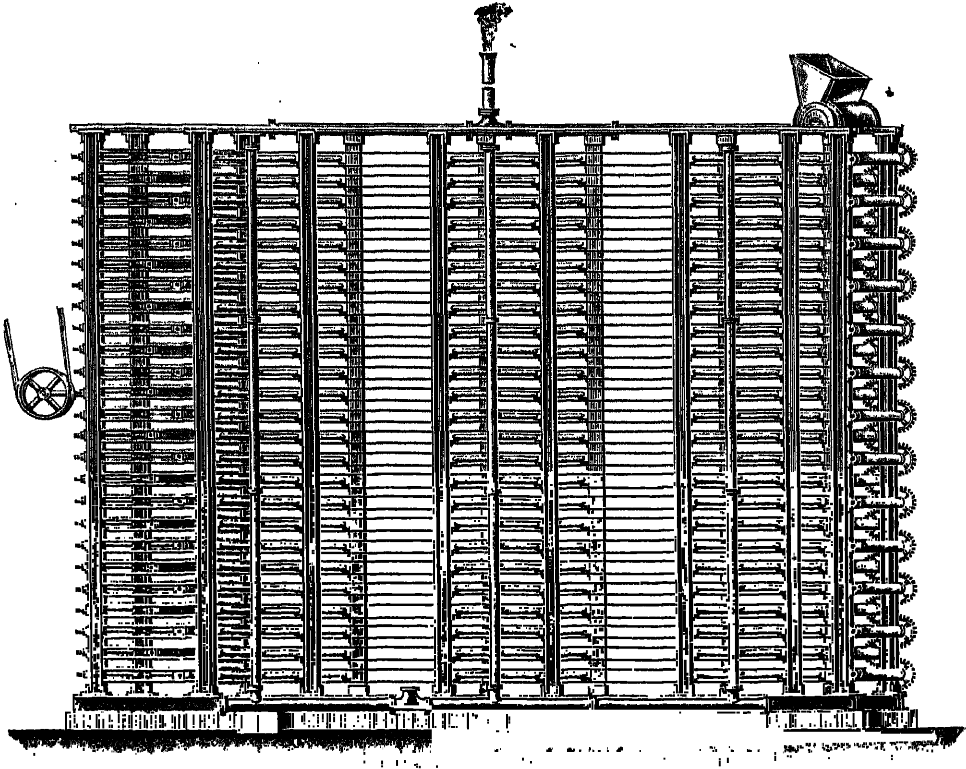


Abb. 67. Tuch ohne Ende.

Die Leistung pro Quadratmeter Tuch (hierbei kommt nur die Arbeitsfläche in Betracht, also nicht das leergehende Tuch) ist 3 kg pro Stunde. Rechnet man bei Hordentrocknung 3 kg pro Quadratmeter in 10 Stunden, so ist dies reichlich. Es leistet somit das Tuch ohne Ende das Zehnfache. Die Trockendauer beträgt ca. 50 Minuten. Die Temperatur auf dem obersten Tuch 15° C. und steigt bis nach dem untersten bis auf 40° C. Gewöhnlich ist die Tuchbreite 1,38 m und die Tuchlänge 21 m, also die Arbeitsfläche 1,38 × 10,5 = 14,49 qm.

Von **Hermann Paatz-Burg** ist in Bezug auf die Luftzuführung zur

Stärke eine Verbesserung an dem Tuch ohne Ende angebracht, auf welche Saare im Jahrbuch des Vereins der Spiritusfabrikation 1902 S. 204 besonders aufmerksam macht.

Der Mangel, der dem Tuch ohne Ende anklebt, trotzdem es ja bezüglich der Leistungsfähigkeit der Menge nach unzweifelhaft der beste Apparat ist, ist der, daß die Luftzuführung zur Stärke eine sehr mangelhafte, und daher die Abführung der Schwaden, die sich beim Trocknen bilden, eine geringe ist. Bei den bisherigen Apparaten liegen die Tücher sehr nahe aneinander. Die Lüftung besteht nur darin, daß das Gebäude oben eine Öffnung mit zu öffnenden oder zu schließenden Fenstern hat, und die Luft streicht an den Seiten des Tuches ohne Ende vorbei, aber zwischen die Tücher kommt sie nicht. Um diesem Übelstande zu begegnen, hat Paatz Blasröhren in bestimmten Abständen quer über die Tücher in den Zwischenraum zwischen je zwei Tüchern eingeführt. Den Blasrohren wird die warme Luft durch senkrechte Holzschachte oder Rohre zugeführt, welche zwischen den senkrechten Dampfzuführungsrohren für die Heiztaschen angebracht sind und unten von einem Hauptrohr oder Holzkanal ausgehen, welcher neben oder um das am Boden liegende Haupt-Dampfzuleitungsrohr gelegt ist. Unterhalb an einem Ende dieses Hauptrohrs ist eine Öffnung, durch welche Luft zutritt und infolge der Anwärmung am Heizrohre in die senkrechten Luftrohre und von da in die Blasrohre aufsteigt. Diese sind mit feinen Löchern versehen und verteilen die Luft nach beiden Seiten hin, so daß über dem Tuch eine ständige Luftbewegung stattfindet, die auch regulierbar ist, und zwar dadurch, daß man am Ende des Hauptkanals einen Schieber mehr oder weniger hebt oder schließt, wodurch es möglich ist, die Bewegung so zu regulieren, daß ein Verstäuben der Stärke nicht zu befürchten ist.

Der **Fehrmannsche Trockenapparat** besteht aus einer in einem Gehäuse angebrachten Trommel. Diese Trommel ist aus einer Welle gebildet, welche vermittelst acht eiserner Sprengbolzen armiert ist. Auf die eisernen Zapfen sind Scheiben geschraubt, in denen eine Anzahl Stäbe mit den Enden befestigt sind. Zur ferneren Befestigung der Stäbe dienen eine Scheibe und die Kränze, welche zwischen den einzelnen Stabreihen angebracht sind.

Die zu trocknende Stärke wird in den Einlauf geschüttet, der so angeordnet ist, daß die Stärke von der äußeren Stabreihe in feinen Schichten abgeschabt und mitgenommen wird. Auf der höchsten Stelle der Trommel fällt diese abgeschabte Stärke von den äußersten Stäben ab und von Stab zu Stab der inneren Stabreihen nach unten, von wo aus die Manipulation sich von vorn vollzieht. Durch die geneigte Lage der Trommel transportiert sich die Stärke in der Trommel nach dem Auslauf zu, wo sie getrocknet und von den äußeren Stäben vermittelst der auf denselben sitzenden schiefen Ebenen ausgeworfen wird.

Die zum Trocknen der Stärke erforderliche Luft tritt, aus dem Wärmeofen kommend, durch einen an der ganzen Trommel entlang laufenden Kanal ein. Die Luft wird von den Stäben der Trommel, welche sich mit der Luftrichtung dreht, mit herumgezogen, um oben, ihrer Wärme beraubt, durch ein Luftfilter abzuziehen. Das Luftfilter verhindert den Staubverlust während der Arbeit.

Die feuchte Stärke wird am Einlauf von den Stäben der Trommel in einzelnen Klumpen abgerissen.

Diese Klumpen werden nach oben mitgenommen und von der eingeführten warmen Luft oberflächlich getrocknet. Diese Klumpen fallen, oben angekommen, herab, verlieren dabei die äußere Umhüllung, die als trockenes Stärkemehl abfällt. Die verkleinerten Klumpen werden weiter getrocknet, verlieren beim folgenden Fall wieder die mittlerweile gebildete Umhüllung und so fort, bis schließlich die Stärke als feines Mehl am Auslauf des Trockenapparates ausfällt.

Die Leistung des Apparates beträgt bei einer Trommellänge von 4,5 m und einem Durchmesser von 2 m etwa 200 kg in der Stunde.

Bei einer von Saare vorgenommenen Prüfung des Apparates betrug die Temperatur der eintretenden Luft 66° C. und die abgehende Luft 27,5° C. Die zentrifugierte Stärke enthielt 40,2 % Wasser, die fertige Stärke 11,5 %. Infolge

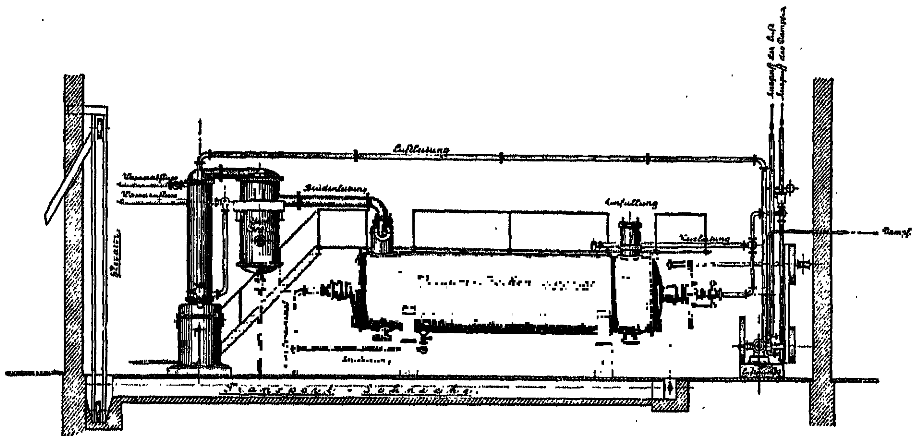


Abb. 68. Rotierender Vakuum-Trocken-Apparat von Emil Paßburg, Berlin.

der hohen Anfangstemperatur war die Stärke übertrocknet. Es ist daher besser mit niedrigeren Anfangstemperaturen ca. 50° C. zu arbeiten. Die Geschwindigkeit der austretenden Luft betrug 140 m in der Minute, und da die Öffnung 0,53 qm groß war, so strömten 74 cbm Luft in der Minute aus. Im Innern des Apparates war die Fläche 5,6 × 2,3 = 12,8 qm, so daß die Luftgeschwindigkeit im Innern 6 m in der Minute betrug.

Der **rotierende Vakuum-Trockenapparat** von Emil Paßburg (Abb. 68) bezweckt mehlartige Kartoffelstärke, Reisstärke und andere Stärke zu trocknen, sowie auch die getrocknete Stärke zu dextrinieren. Der Apparat besteht aus einem geschweißten Zylinder, welcher durch direkten Dampf oder Maschinendampf heizbar gemacht wird; ersterer steht mit einem Staubfänger-Patent Emil Paßburg, einem Oberflächenkondensator und einer Luftpumpe in Verbindung, welche im Apparat ein hohes Vakuum von ca. 700 mm Quecksilbersäule erzeugt, unter welchem das Wasser der Stärke schon bei etwa 35—40° C. in Dampf ver-

wandelt wird. Eine Verkleisterung der Stärke kann daher selbst bei Verarbeitung ganz feuchten Materials nicht eintreten.

Die Beschickung und Entleerung des Apparates ist folgende:

Die feuchte Stärke wird in das Einfüllloch des Apparates entleert, der Deckel geschlossen und das Ventil zur Luftpumpe geöffnet, während Dampf die Heizkörper des Apparates durchstreicht, und die aus der Stärke entwickelten Wasserdämpfe mit einem Teil des Staubes zunächst den Staubfänger passieren, in welchem der Staub vollständig zurückgehalten und im Wasser wiedergewonnen wird. Die staubfreien Wasserdämpfe gelangen alsdann in einen Obflächenkondensator (oder auch Einspritzkondensator), werden hier zu Wasser verdichtet und laufen in Form eines Wasserstrahles vor den Schaugläsern des Oberflächenkondensators ab. Durch diese Einrichtung hat man es in der Hand, die Stärke bis zu einem beliebigen Wassergehalt auszutrocknen. An dem Rezipienten des Oberflächenkondensators kann nämlich ein Wasserstandsglas mit Skala angebracht werden, von welcher man das verdampfte Wasserquantum während der Trocknung ablesen kann. Der Apparat soll Stärke von 60—70% Wassergehalt vollkommen austrocknen können. Die Trockenzeit einer Charge richtet sich nach dem Wassergehalt der Stärke und nach dem Grad der gewünschten Austrocknung derselben und variiert daher zwischen ³/₄—2 Stunden. Nach Beendigung der Trocknung wird das Luftpumpenventil geschlossen, Luft in den Apparat eingelassen und der Deckel des Ausfüllstutzens geöffnet, wonach der getrocknete Inhalt des Apparates selbsttätig ausgeworfen wird und eventuell in Säcke, in einen auf Rädern montierten Kasten, in Transportschnecken oder dergleichen fallen kann. Der Apparat ist alsdann zur Aufnahme einer neuen Charge feuchter Stärke sofort bereit. Der Apparat kann bis zu einer Trockenfähigkeit von 1500 kg Stärke pro Stunde oder darüber gebaut werden.

Je nachdem, ob der Stärkefabrikant Kartoffelstärke oder Kartoffelmehl herstellen will, wird er die Art der Trocknung wählen. Kartoffelstärke liefert die Hordentrocknung und das Tuch ohne Ende, Kartoffelmehl der Fehrmannsche Apparat und der Vakuum-Trocken-Apparat. Besonders großstückige Stärke, „Hordenstärke" erzielt man nur auf Horden, also in der Trockenstube, Trockenkammer und Kanaltrocknung.

Zur Verminderung von Verlusten bei der Trocknung ist die Regulierung der Temperatur und Trockendauer von großer Wichtigkeit. Eine häufige Untersuchung des Wassergehaltes der Stärke schützt den Stärkefabrikanten vor großen Verlusten. Nach den Bestimmungen für den Handel mit Trockenstärke darf Primastärke 20—21% Wasser enthalten; wird die Stärke zu lange getrocknet, so verliert sie zuviel Wasser, wird sie bei zu hohen Temperaturen getrocknet, so verdunstet nur das Wasser an der Oberfläche, die äußere Schicht wird hart und hält das Wasser aus dem Innern der Stärke zurück, die Stärke trocknet nicht genügend aus und ist dann nicht haltbar. Hohe Temperaturen bewirken aber auch Griesbildung. Der Gries muß wiederholt gewaschen werden, verursacht also Unkosten, und die letzten Teile müssen zu anderen Zwecken (Graupen, Sirup, Dextrin) verarbeitet werden. Übertrocknete Stärke nimmt zwar beim

Lagern in feuchten Räumen Wasser auf, aber wie Saare an einer Stärke mit 16,6 % Wasser nachgewiesen hat, geht diese Wasseraufnahme nur sehr langsam von statten; erst nach 4 Monaten hatte diese Stärke bei Lagerung an der Luft mit 72,6—94,8 % mittleren relativen Feuchtigkeitsgehalt einen Wassergehalt von 18,6 %. Die direkte Einwirkung strahlender Wärme ist zu vermeiden, da leicht

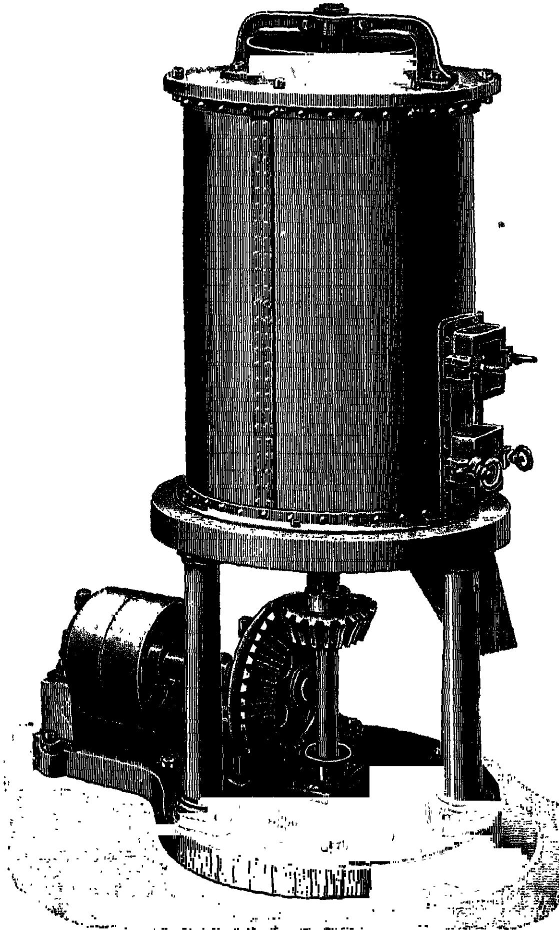


Abb. 68. Bürstenmühle.

eine Dextrinierung der Stärke eintritt und zu Griesbildung, Stippenbildung Veranlassung gibt. Eine gut getrocknete Stärke gibt beim Mahlen der Stärke nicht mehr als 100 kg Gries auf 10000 kg Stärkemehl.

Das Mahlen und Sichten der Stärke geschieht zur Herstellung von Stärkemehl und zur Trennung der Stippen (Verunreinigungen) von der Stärke.

Es geschieht also hier eine nochmalige Reinigung der Stärke. Die hierfür gebräuchlichsten Apparate sind die Bürstenmühle und die Zentrifugal-Sichtmaschine.

Die Bürstenmühle (Abb. 69). Die Maschine dient zum Pulverisieren der getrockneten Stärke und besteht aus einem eisernen Zylinder, der auf Säulen mit eiserner Grundplatte montiert ist. Die zu pulverisierende Stärke wird durch einen Elevator oben in den Trichter des Zylinders geschafft und fällt hier auf einen reibeisenförmig gelochten Siebboden, auf welchem dieselbe mittelst eines Rührwerkes zerkleinert wird. Die zerkleinerte Stärke gelangt dann auf einen zweiten, sehr fein gelochten Siebboden und wird hier durch ein rotierendes Bürstenwerk zu Mehl zerrieben. Das fertige Mehl verläßt den Apparat durch ein am Boden angebrachtes Auslaufrohr und wird nun weiter zur Sichtmaschine gefördert.

Der Antrieb des Bürstenwerks erfolgt durch die konischen Zahnräder, von denen das eine hölzerne Zähne erhält.

Für den ruhigen Gang der Maschine ist eine gleichmäßige Beschickung derselben von Bedeutung.

Die Zentrifugal-Sichtmaschine (Abb. 70). Das von der Bürstenmühle kommende Mahlgut wird mittelst Elevator oben in die Sichtmaschine geführt, fällt aber nicht direkt auf die Sichtfläche, sondern wird durch eine besondere Vorrichtung erst gehoben und dem Flügelwerk zur gleichmäßigen Verteilung übergeben.

Durch eigenartige Krümmung der Flügel, sowie durch die erzeugte Luftströmung in der Maschine ist es möglich, die spezifisch leichteren Teile mehr von der Sichtfläche fernzuhalten und dem Auslaufende schneller zuzuführen; es wird dadurch ein reineres, stippenfreieres und schärferes Mehl bei scharfer Absichtung, sowie größte Schonung der Seide erreicht. Die Flügel gehen nicht bis dicht an den Zylinder heran und sind in ihrem Durchmesser verstellbar. Die Sichttrommel resp. der Sichtzylinder ist dreiteilig. Die Befestigung der einzelnen Rahmen ist einfach und sicher, so daß jeder Rahmen für sich herausgenommen werden kann. Ein Herausfallen des in der Maschine befindlichen Grieses in das Mehl ist beim Auswechseln der Rahmen leicht zu verhindern. Die Türen an den Seiten und Kopfenden sind zum Herausnehmen eingerichtet, so daß man an allen Seiten bequemen Zugang hat. Die Maschine wird mit Sackstutzen und Schnallen zum Anbringen der Säcke versehen.

Ein anderer Apparat zur Herstellung von Kartoffelmehl ist die von Saare in Nr. 5 der Zeitschr. f. Spiritusindustrie 1900 beschriebene **Mühleneinrichtung zur Herstellung von Kartoffelmehl** von Aston. In den nachstehenden Zeichnungen ist in Abb. 71 Vertikalschnitt und Ansicht und in Abb. 72 der Grundriß von einer Mühleneinrichtung mit Sichtmaschine wiedergegeben, wie solche von der Firma S. Aston in Burg bei Magdeburg zur Erzeugung von Kartoffelmehl aus getrockneter Stärke ausgeführt wird. Diese Einrichtung wird gewöhnlich so aufgestellt, daß der Rumpfbehälter mit dem ersten Bedienungs-Elevator für die Mühle in dem Raume untergebracht wird, wo die getrocknete, zum Mahlen bestimmte Stärke gelagert und abgekühlt wird. Die ganze Einrichtung

ist so getroffen, daß ein Arbeiter zum Beschicken, Absacken, Abwiegen und Fortschaffen der Säcke genügt, indem die Beschickung der Mühle und Sichtmaschine automatisch und daher ganz gleichmäßig erfolgt. Der Antrieb der gesamten An-

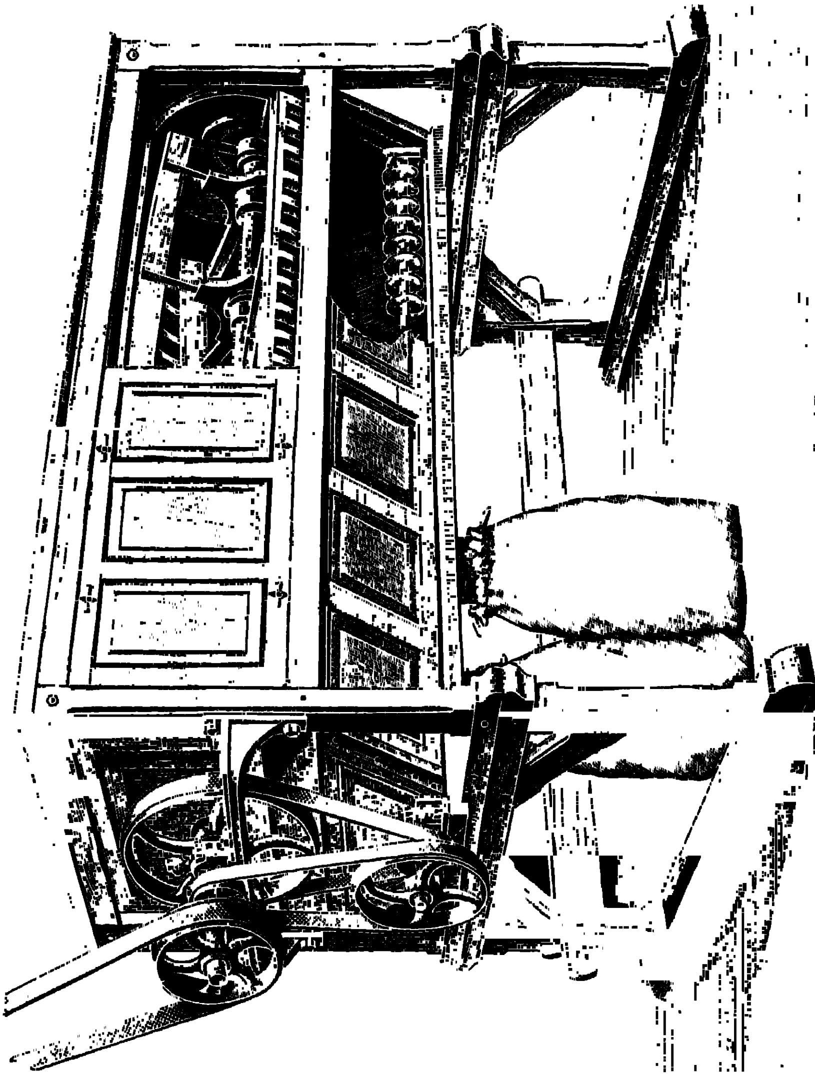


Abb. 70. Zentrifugal-Sichtmaschine.

lage geschieht durch ein besonderes Vorgelege, welches durch Lauf- und Festscheibe in und außer Bewegung gesetzt wird. Die Stärkemühle selbst wird durch einen halbgeschränkten Riemen oberhalb der Mühle angetrieben. Ist die ganze Mühlen-

einrichtung in Bewegung gesetzt, so wird der Rumpfbehälter mit getrockneter Stärke gefüllt. Der Einlauf von dem unten viereckigen Stiefel des Füllrumpfes wird durch einen stellbaren Schieber reguliert und durch die stehende Welle, auf welcher Stifte kreuzweis als Rührarme sitzen, bewirkt.

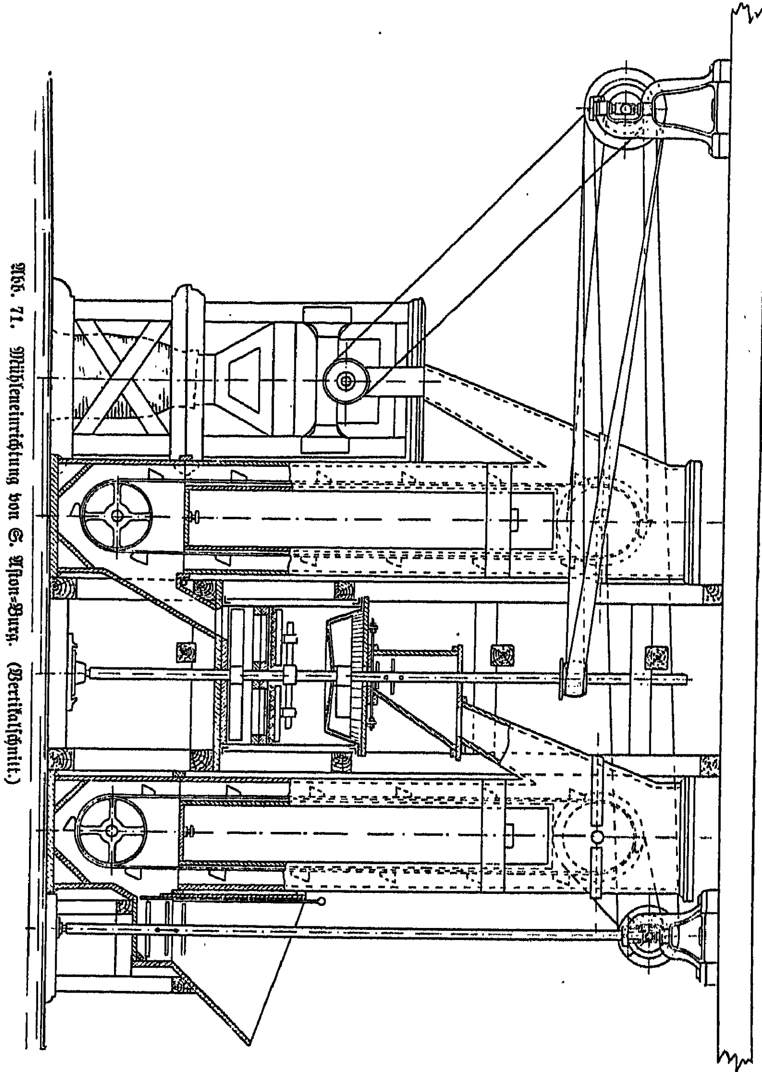


Abb. 71. Mühleneinrichtung von G. Uhon-Burg. (Vertikalschnitt.)

Der erste Elevator hebt die ihm zugeführte Stärke in den Rumpf der Stärkemühle. Der Einlauf in die Stärkemühle wird hier ebenfalls durch einen stellbaren Doppelschieber reguliert und durch die stehende Welle mit Stiften ver=

mittelt. Im oberen Teile der Mühle befindet sich ein Stahlblechkessel, welcher reibeisenartig gelocht ist. Die Stärke wird durch zwei Holzschläger resp. Flügel durch den Kessel gerieben, fällt dann auf eine Siebfläche, welche aus einem fein gelochten Blech oder aus Messinggaze besteht, und wird hier durch zwei Bürsten

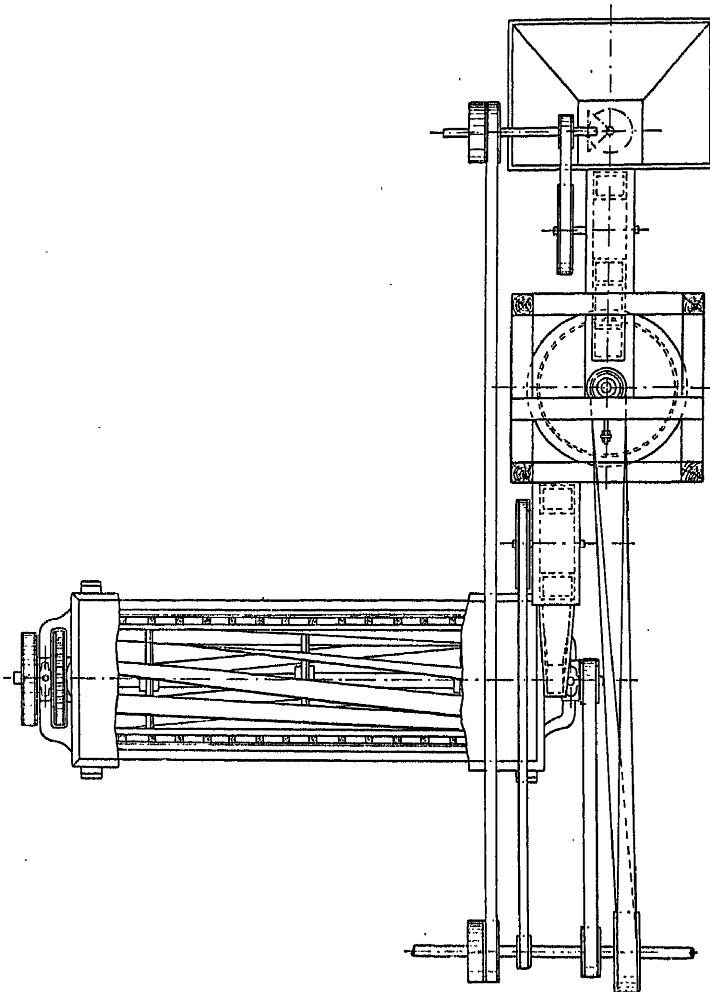


Abb. 72. Mühleneinrichtung von G. Asten-Burg. (Grundriß.)

fein gemahlen, fällt dann auf den Boden, in welchem sich der Auswurfflügel bewegt und das Mehl in den Elevator zur Bedienung der Sichtmaschine schiebt.

In der Sichtmaschine gelangt nun das Stärkemehl zunächst in einen Sicherheitskorb aus gelochtem Blech, welcher alle groben Teile zurückhält und zur Schonung der Seidengaze beiträgt. Das Schlagwerk besteht aus windschiefen

Blechflügeln. Es bewegt sich in gleicher Richtung mit dem Mantel, welcher mit Seidengaze Nr. 16 belegt wird. Der Antrieb erfolgt an der Flügelwelle durch Riemen an der Ein- oder Auslaufscheibe. Der Mantelzug geschieht durch Stahlgliederkette, wodurch ein Mitnehmen des Mantels vom Flügelwerk bei Überlastung durch eintretende Verstopfungen vermieden wird. Unten im Gehäuse wird das gesichtete Stärkemehl durch eine Transportschnecke nach einem oder auch zwei Sackstützen geführt und in den Versandsäcken aufgefangen und dann abgewogen.

Die Vorteile der vorstehenden Einrichtung bestehen einmal in dem ruhigen Gang infolge des Antriebes der Mühle von oben, ferner aber besonders darin, daß ein einziger Mann zur Beaufsichtigung der ganzen Anlage genügt.

Soll die untere Siebplatte behufs Reinigung aus der Mühle herausgenommen werden, so ist dies dadurch erleichtert, daß der Blechmantel, der die Mühle umschließt, einen Schlitz besitzt, durch den die aus zwei Hälften zusammengesetzte Siebfläche leicht herauszunehmen ist.

Nach **Uhlands Reformsystem,** beschrieben in der Zeitschr. f. Spiritusindustrie 1905, Nr. 16, soll eine Vereinfachung der Kartoffelstärkefabrik bewirkt werden, indem zur Gewinnung der Rohstärke weder Absetzbassins noch Absetzrinnen angewendet werden, wodurch eine sehr gedrängte, übersichtliche Anordnung der Einrichtung ermöglicht wird.

Das Hauptgebäude besteht aus Erdgeschoß und erstem Stockwerk (erhöhtem Dachgeschoß); an dieses schließen sich als ebenerdige Anbauten Kessel- und Maschinenhaus sowie Kartoffelwaschraum an.

Die Kartoffeln werden auf der rückwärtigen Seite der Fabrik angefahren und entweder im Waschraum zunächst gelagert oder aber direkt von außen her durch eine Öffnung in der Wand in eine Vorwäsche geworfen. Diese besteht aus einer schräg ansteigenden Schnecke, welche die Kartoffeln in die eigentliche, hochstehende Waschmaschine hebt. Über der Schnecke befindet sich eine kräftige Wasserbrause, durch deren Wirkung im Verein mit der gegenseitigen Reibung die Hauptmasse des Schmutzes bereits von den Kartoffeln abgespült wird, bevor sie in die eigentliche Waschmaschine gelangen. Von besonderem Werte ist deshalb eine solche Vorwäsche bei Verarbeitung von Kartoffeln, die in schwerem Boden gewachsen sind. Der Antrieb der Vorwäsche erfolgt durch Kette von der Waschmaschinenwelle aus.

Die Waschmaschine ist in Zementmauerwerk ausgeführt und besteht aus mehreren Abteilungen. Sie ist derart erhöht angeordnet, daß die Kartoffeln auf einem geneigt liegenden Rost direkt in die im Hauptfabrikraum aufgestellte Reibe fallen können, in welcher die Kartoffeln zu einem feinen Brei zerrieben werden. Dieser fällt zunächst in die unter der Reibe befindliche Reibselgrube und wird durch eine Pumpe auf den ersten Stärkeextrakteur befördert, auf welchem die Extraktion der freigelegten Stärkekörnchen stattfindet. Das Reibsel fällt hierauf selbsttätig in die zu beiden Seiten des Extrakteurs angeordneten Nachzerkleinerungsmaschinen (Uhlands Kegelmühlen). Diese zerkleinern das Reibsel bis zur höchsten praktisch zulässigen Feinheit und verhindern insbesondere,

daß gröbere Stücke, wie sie sich bei schlechter Behandlung der Reibe im Reibsel vorfinden können, unausgenützt in die Pülpe gelangen.

Das nachzerkleinerte Reibsel wird zur endgültigen Auswaschung einem zweiten Extrakteur zugeführt und verläßt diesen schließlich als Rückstand (Pülpe), der zu Fütterungszwecken Verwendung findet.

Die von beiden Extrakteuren abfließende Rohstärkemilch passiert zunächst zum Zwecke der Abscheidung gröberer Fasern ein im ersten Stockwerk aufgestelltes doppeltes Vorsieb (Kreisschwingsieb, System Uhland) und gelangt von diesem aus auf die sogenannten Scheide- und Raffinierapparate. Diese sollen sowohl die Absetzbassins als auch die Absetzrinnen zur Gewinnung der Rohstärke ersetzen und kontinuierlich, ohne Anwendung von Maschinenkraft oder Handarbeit das Fruchtwasser von der Rohstärke abtrennen. Die Rohstärkemilch tritt im oberen Teile der Apparate ein und wird durch eine besondere Einrichtung so zerlegt, daß die Stärke in dickflüssigem Zustande unten abläuft, während das Fruchtwasser ebenso kontinuierlich aus dem oberen Teile abfließt.

Das aus den Scheideapparaten abfließende Fruchtwasser wird, wie üblich, durch die Außenbassins geleitet, um eventuell noch darin enthaltene kleine Stärkekörnchen zum Absetzen zu bringen. Die unten abfließende dickflüssige Stärkemilch, die in einem vertieften Bassin gesammelt wird, drückt eine Pumpe in Laveure (Waschbottiche), wo sie, mit frischem Wasser verdünnt, zum Absetzen gebracht und durch Abschlämmen und nochmaliges Waschen mit frischem Wasser vollständig gereinigt wird.

Die Entwässerung der Stärke erfolgt auf Zentrifugen mit gelochter Trommel, die ausschließlich mit schwerem, eisernen Gestell, fester Spindel und kontinuierlicher Schmiervorrichtung ausgeführt werden. Ein Elevator befördert die entwässerte Stärke in das erste Stockwerk; sie wird durch einen besonderen, mit automatischer Vorschubvorrichtung versehenen Verteilungsapparat auf die Trockenhorden aufgebracht und in Trockenkanälen fertig getrocknet. Die letzteren, nach dem Patentsystem Uhland ausgeführt, arbeiten mit Gegenstrom und liefern ein hochfeines Produkt, ohne jede Griesbildung. Soll die Stärke als Mehl verkauft werden, so passiert sie noch eine Zentrifugalsichtmaschine, von der aus sie direkt abgesackt werden kann.

Die Verarbeitung der bei der Reinigung der Stärke in den Laveuren sich bildenden Schlammstärke erfolgt kontinuierlich durch Behandlung auf dem Schlammsieb, das als Kreisschwingsieb ausgebildet ist, und auf der Schlammrinne, die aus einer Anzahl schmaler, nebeneinander liegender Abteilungen besteht. Die auf den Absetzrinnen gewonnene Stärke wird entweder für sich weiter behandelt, gewaschen, zentrifugiert und getrocknet oder aber mit der übrigen Stärke gemischt, je nachdem nur ein mittleres Produkt ohne abfallende Ware oder ein hochfeines Erstprodukt und eine geringere zweite Sorte hergestellt werden soll.

Das Fabrikat.

Die Kartoffelstärke gelangt in drei verschiedenen Arten in den Handel. Als feuchte, nasse oder grüne Kartoffelstärke, als trockene Kartoffelstärke und als Kartoffelmehl.

Die **feuchte Kartoffelstärke** ist seit dem Jahre 1907 jetzt ebenso wie die trockene Handelsstärke gewissen Handelsfestsetzungen (Usancen) unterworfen. Nach den Normen für den Handel mit feuchter Stärke muß prima feuchte Kartoffelstärke rein gewaschen sein, sie ist das Gesamt-Erstprodukt der Fabrikation und darf einen Wassergehalt von 50 % haben. Ist der Wassergehalt größer, so ist der Käufer berechtigt, einen entsprechenden Abzug in Anrechnung zu bringen.

Infolge ihres hohen Wassergehaltes ist die feuchte Kartoffelstärke nicht lange haltbar. Nach einigen Tagen schon beginnt meist Buttersäuregärung aufzutreten, wodurch die Qualität (Farbe, Geruch) verschlechtert wird. Auch Schimmelbildung, welche leicht eintritt, verschlechtert die Stärke.

Um diese Übelstände zu vermeiden, ist es notwendig, die feuchte Stärke schnell zu verkaufen oder weiter zu verarbeiten. Sie wird hauptsächlich zur Herstellung von Stärke-Sirup und Zucker verwendet. Daneben kaufen auch größere Fabriken feuchte Stärke auf, verarbeiten einen Teil auf trockene Stärke, den anderen Teil auf Stärke-Sirup und Zucker und schließlich wird feuchte Stärke auch zur Herstellung von Graupen, Sago und Dextrin verwendet.

Nach den Untersuchungen im Laboratorium des Vereins der Stärke-Interessenten in Deutschland hatte feuchte Kartoffelstärke folgende Zusammensetzung:

	Wasser	Stärke	Nichtstärke	Davon: Faser usw.	Asche	Lösliches
Sehr gute feuchte Kartoffelstärke	48,35	51,56	0,089	0,001	0,018	0,070
" " " "	51,96	47,86	0,179	0,003	0,072	0,104
" " " "	51,97	47,91	0,123	0,105	0,018	—
Gute feuchte Kartoffelstärke . .	48,79	50,87	0,339	0,152	0,096	0,091
" " " . .	48,39	51,46	0,153	0,032	0,041	0,080
Mittelgute feuchte Kartoffelstärke	47,55	51,11	1,338	0,228	0,998	0,112
" " "	48,54	50,94	0,524	0,181	0,144	0,199
Schlechte feuchte Kartoffelstärke	48,83	50,78	0,388	0,220	0,029	0,139
" " "	48,87	50,47	0,663	0,216	0,447	—

Nach Saare enthält feuchte Stärke:

Wasser	47,5—52 %	im Mittel 48,5 %
Stärke	47,9—51,5 "	" " 50,5 "
Fruchtwasserreste . .	0,08— 0,20 "	" " 0,12 "
Sand	0,03— 1,00 "	" " 0,22 "
Fasern, Stippen . .	0,01— 0,30 "	" " 0,15 "

Die **trockene Kartoffelstärke und das Kartoffelmehl** ist eine mehr oder weniger pulverförmige glänzend weiße, zwischen den Fingern knirschende Substanz. Man unterscheidet erstes und zweites Produkt. Das erste Produkt, die sogenannte Superior- und Primastärke muß nach den Lieferungsbestimmungen (Usancen) eine rein weiße Farbe besitzen, einen guten Glanz haben, frei von Stippen, chlor- und säurefrei sein und nicht über 20% Wasser haben. Übersteigt der Wassergehalt 20%, so ist der Käufer berechtigt, bis 1% über 20 den Minderwert in Anrechnung zu bringen, bei mehr als 1% über 20 die Abnahme der Ware zu verweigern. Das zweite Produkt unterliegt bestimmten Bedingungen nicht, es wird als Primaabfallstärke, Sekundastärke usw. nach Muster gehandelt.

Die **Verwendung der Kartoffelstärke** ist eine sehr vielseitige. Als Nahrungsmittel wird Kartoffelmehl zur Herstellung von Mehlspeisen, zum Verdicken von Saucen, bei der Gemüsebereitung, in der Brot- und Kuchenbäckerei und in Form von Graupen zur Suppenbereitung verwendet. Dann wird Kartoffelstärke zu medizinischen Zwecken als Streupulver usw. angewendet; hauptsächlich findet sie aber Verwendung bei der Herstellung von Dextrin, löslicher Stärke, Stärke-Zucker und Sirup, in der Preßhefefabrikation, in der Papierfabrikation zum Leimen und Beschweren des Papieres, in der Textilindustrie zum Schlichten, zum Appretieren und zum Verdicken der Farben, zum Stärken der Wäsche, zur Bereitung des Buchbinderkleisters und in der Photographie als Klebemittel und in neuerer Zeit auch bei der Photographie in natürlichen Farben.

Das **spezifische Gewicht** der wasserfreien Stärke getrocknet bei 120° C. und bezogen auf Wasser von 17,5° C. ist in Wasser 1,648, in Toluol 1,513. Das spezifische Gewicht der wasserhaltigen Stärke ist

	in Wasser	in Toluol
bei einem Wassergehalt von 15,03%	—	1,361
„ „ „ „ 18,72 „	1,463	—
„ „ „ „ 19,35 „	1,436	—
„ „ „ „ 20,14 „	1,433	—

Nach Saares Untersuchungen von 272 Kartoffelstärkeproben schwankte der **Wassergehalt** zwischen 13—31%. Bei der Mehrzahl der Proben (53—56%) schwankte der Wassergehalt zwischen 19—22%.

Auf absolute Trockensubstanz berechnet ist die **Zusammensetzung** der Stärke:

	Reine Stärke	Eiweißstoffe	Faser, Fett u. Asche	Asche
nach Maercker . . .	98,98	0,28	0,34	0,40
„ Toth	97,40	1,82	0,65	0,13
„ Niederstadt . . .	98,14	0,85	0,10	0,41
„ Saare	98,54	0,94	0,16	0,38
„ Parow	99,42	0,32	0,12	0,53

Die **Stärkeasche** besteht aus Kieselsäure (Sand), Schwefelsäure, Phosphorsäure, Chlor, Kalk, Magnesia, Natrium u. a. m. Eine quantitative Bestimmung der einzelnen Bestandteile der Stärkeasche ist bisher noch nicht erfolgt. Die vom

Verfasser in dieser Richtung angefangenen Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen. Dagegen hat Saare verschiedene Kartoffelstärken verascht, den Aschengehalt festgestellt und darin den Sandgehalt ermittelt. Er fand folgende Zahlen:

	Asche	Sand
Kartoffelstärke . . .	0,29 %	0,060 %
„ . . .	0,29 „	0,050 „
Kartoffelmehl . . .	0,21 „	0,026 „
„ . . .	0,22 „	0,036 „
„ . . .	0,22 „	0,014 „
„ . . .	0,24 „	0,010 „
„ . . .	0,26 „	0,022 „
„ . . .	0,27 „	0,020 „
„ . . .	0,28 „	0,045 „
„ . . .	0,28 „	0,052 „
„ . . .	0,29 „	0,050 „
„ . . .	0,33 „	0,088 „
„ . . .	0,38 „	0,110 „

Die **Säure der Stärke** rührt meist von den organischen Säuren in der Kartoffel her, oder von der während der Fabrikation zugesetzten Schwefelsäure oder besser schwefligen Säure.

Prima Stärke soll säurefrei sein. Eine Stärke, welche auf 100 g Substanz bis zu 5 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge zur Neutralisation verbraucht, wird als zartsauer bezeichnet und gilt noch als säurefrei. Bis zu 8 ccm wird sie als sauer und bei über 8 ccm als stark sauer bezeichnet.

Chlorfrei muß gleichfalls Prima Stärke sein. Nach Saare enthält eine Stärke nur dann freies Chlor, wenn eine ganz unverständige Verwendung von Chlorkalk stattgefunden hat. Er selbst hat eine chlorhaltige Stärke nie angetroffen und dürfte jedenfalls nur in den seltensten Fällen vorkommen. Im Jahre 1904 wurde ein einziges Mal eine freies Chlor haltige Stärke im Laboratorium des Vereines der Stärke-Interessenten in Deutschland zur Untersuchung gebracht, sie war bei der Verdickung von Farben in der Textilindustrie unbrauchbar, weil zarte, empfindliche Farben durch sie verändert bezüglich zerstört wurden.

Über den **Stippenreichtum** der Stärken hat Saare mehrere Untersuchungen angestellt und gefunden, daß auf 1 qdcm

bei Superiormehl	15—85
„ Prima von Fabriken, welche nur ein Fabrikat herstellen	27—170
„ Prima neben Superior	145—450 und
„ Mehl, welches wegen Stippenreichtum nicht mehr als Prima gelten konnte	700—800 Stippen

vorhanden waren.

Die Größe der Stärkekörner hat Einfluß auf den Glanz der Stärke und auf das Absetzen der Stärke aus der Flüssigkeit.

Je mehr große Stärkekörner vorhanden sind, um so besseren Glanz besitzt

die Stärke. Da die großen Stärkekörner sich zuerst zu Boden setzen, so besitzt das Erstprodukt immer besseren Glanz (Lüster), als das zweite Produkt.

Die Größe der Kartoffelstärkekörner schwankt zwischen 0,003 und 0,1 mm. Saare stellte Meßversuche an verschiedenen Kartoffelstärken an und fand als mittleren Durchmesser bei

der Küstriner Stärke B. K. M. F.	= 0,0355 mm
der Primastärke (Genthin)	= 0,0328 „
der Primaabfallstärke „	= 0,0210 „
der Sekundastärke „	= 0,0169 „
der bei der Gewinnung der Sekundastärke von der letzten Flute	= 0,0125 „
und der von den Außenbassins auf die Wiesen fortschwimmenden Stärkekörner	= 0,0080 „

Die Nachprodukte,

das sind abfallende Primastärke, die Sekundastärke, die Tertiastärke, die Schlammstärke und der Stärkeschlamm unterliegen keinen feststehenden Handelsbestimmungen, sie werden nach Muster gehandelt.

Die trockenen Nachprodukte wie abfallende Prima, Sekunda- und Tertiastärke haben meist einen Wassergehalt von 15—18% und sind mehr oder weniger sauer.

Die feuchten Nachprodukte die Schlammstärke (Abgang von den Quirlen) und der Stärkeschlamm aus den Außenbassins sind sehr abweichend in ihrer Zusammensetzung, je nachdem sie mehr oder weniger rein gewaschen, oder bessere oder letzte Produkte sind. Es wird in ihnen festgestellt der Wassergehalt, die Menge der durch Auswaschen und Sieben gewinnbaren Stärke (als feuchte Stärke mit 50% Wasser) und die für Zwecke der Sirupfabrikation verwertbare Stärke (durch Kochen mit Salzsäure und Spindeln des Saftes). Dieselbe wird ebenfalls als feuchte Stärke angegeben. Bei der Untersuchung verschiedener Schlammstärken wurden von Saare folgende Zahlen erhalten:

Wasser	auswaschbare Stärke	Sirupstärke	
57%	67%	73%	mäßig faserhaltig, gute Stärke
50 „	42 „	91 „	faserarm, leichte Stärke
51 „	41 „	53 „	faserreich, gute Stärke
45 „	84 „	105 „	faserarm, ziemlich gute Stärke
49 „	90 „	92 „	faserarm, gute Stärke.

Die Untersuchung von Stärkeschlamm ergab nach Saare

	bei feuchten Proben	bei trockenen Proben
Wasser	43,5—75,3%	11,7—18,1%
Stärke	17,5—49,5 „	39,0—71,7 „
Faser	4,0—14,5 „	4,8—28,5 „
Asche	1,0—1,5 „	5,7—28,3 „

Den Stickstoffgehalt in schlechten Schlammproben stellte Saare mit 0,25—0,7 % fest. Bei einem Schlamm mit 57,5 % Wasser fand er 0,55 % Stickstoff, das sind 1,3 % in der Trockensubstanz.

Die Abfallprodukte

sind die Pülpe und das Abwasser (Fruchtwasser).

Die **Pülpe** hat frisch aus der Fabrik fallend einen sehr schwankenden Wassergehalt, je nach der Konstruktion der Siebe und der Wassergabe beim Auswaschen. Derselbe schwankt von 96—90 %. Meist beträgt er 94 %, und man kann nach Saare im Durchschnitt annehmen, daß man von 100 Ztr. Kartoffeln 75 Ztr. Pülpe mit 6 % wasserfreier Substanz (Trockensubstanz) erhält.

Beim Liegen auf durchlässigem Boden oder Fahren auf undichtem Wagen steigert sich der Trockensubstanzgehalt auf 17—20 %, und eingemietete Pülpe hat bis zu 40 % Trockensubstanz.

Um die Pülpe rasch auf einen möglichst hohen Trockensubstanzgehalt zu bringen, wendet man Pülpepressen an, welche soviel Wasser abpressen, daß die Pülpe einen Trockensubstanzgehalt von ca. 20—30 % erhält. Da das Preßwasser meist noch gute Stärke enthält, so sammelt man dieses Wasser in Gruben und gewinnt daraus durch Waschen und Sieben die Stärke. Die so gepreßte Pülpe wird dann namentlich in ganz großen Fabriken getrocknet und als sogenannte Trockenpülpe oder Kartoffelkleie in den Handel gebracht.

In der Trockensubstanz enthält schlecht ausgewaschene und geriebene Pülpe nach Saare 70—80 %, gute Pülpe 50—60 %, vorzügliche Leistung ca. 45 % Stärke. Außer von der Güte der Leistung der Reibe und Nachzerkleinerungsapparaten ist diese Zahl aber abhängig von dem Stärkegehalt der Kartoffeln. Je höher dieser ist, um so reicher wird auch die Pülpe an gebundener Stärke sein. Gut ausgewaschene Pülpe soll nicht mehr als 50 % der Gesamtstärke an auswaschbarer Stärke besitzen.

Die Pülpe findet ihre zweckmäßigste Verwendung als Viehfutter. Sie besteht vorzugsweise aus Zellulose und Stärke, neben ganz geringen Mengen von Eiweißstoffen. Man verwendet die Pülpe entweder frisch, oder nachdem sie, in Gruben eingestampft, eine freiwillig eintretende Säuerung durchgemacht hat, oder in getrocknetem Zustande. Die Art, in welcher die Pülpe zur Verfütterung gelangt, und die Menge, welche man pro Haupt anwendet, sind sehr verschieden. Ist ein großer Viehstand vorhanden, so kommt auf das einzelne Tier nur eine geringe Menge Pülpe; in diesem Falle kann die Pülpe in wasserreichem Zustande gegeben werden und zwar am besten angekocht oder angedämpft.

Ist der Viehstand dagegen klein, so daß auf jedes Tier eine möglichst große Menge Pülpe verfüttert werden soll, so muß die Pülpe möglichst wasserarm, also mit möglichst viel Trockensubstanz dem Vieh verabreicht werden. Etwa 15—25 kg Pülpe mit etwa 15 % Trockensubstanz kann man pro 1000 Pfd. Lebendgewicht an Schafe, Schweine, Milchkühe, Zugochsen, Mastrinder und Pferde verfüttern, außerdem gibt man noch eine Beigabe von eiweißreichen Futtermitteln,

wie Ölkuchen, Erdnußkuchen, Biertreber u. a. Das Ankochen der Pülpe findet in Bottichen mit Rührwerken statt. In diesen wird die Pülpe entweder mit direkt eingeleitetem Dampf oder durch eine Dampfschlange erwärmt. Das Dämpfen der Pülpe findet in liegenden oder stehenden Zylindern von Eisenblech statt, welche mit einem Rührwerk versehen sind. In den Zylindern wird die Pülpe mit direktem Dampf gekocht, der direkt in die Pülpe geleitet wird, oder man leitet den Dampf in einen Doppelmantel und erhitzt auf diese Weise die Pülpe. Zuweilen und namentlich wenn gleichzeitig eiweißreiche Beifutter wie Lupinen usw. mitgedämpft werden, dämpft man die Pülpe bei einem Überdruck von 1—3 Atm. In dem Falle wendet man Henzedämpfer, wie sie in der Kartoffelbrennerei üblich sind, an.

Die mittlere Zusammensetzung der Pülpe ist:

	nach Maercker	E. Wolff
Wasser	86,0 %	86,0 %
Asche	0,4 „	0,4 „
Faser	1,8 „	1,0 „
Fett	0,1 „	0,1 „
Eiweiß	0,7 „	0,8 „
Kohlehydrate	11,0 „	11,7 „

Die Zusammensetzung der getrockneten Pülpe ist:

	%	%	%	%	%
Wasser	18,77	14,60	11,40	13,05	7,1
Asche	3,67	3,25	3,50	7,80	7,1
Faser	2,21	8,00	5,90	14,84	12,2
Fett	0,67	0,20	0,30	0,55	0,2
Eiweiß	10,19	4,38	3,90	4,45	3,6
Kohlehydrate	64,49	69,57	75,00	59,31	69,8

Stellt man die Futterwerteinheiten der Pülpe in Gegensatz zur Roggenkleie, so werden erhalten:

bei Roggenkleie:

14,7 %	Eiweiß	× 3 =	44,1
3,2 „	Fett	× 2 =	6,4
58,7 „	Kohlehydrate	× 1 =	58,7
			109,2 Einheiten,

bei der Pülpe:

3,6 %	Eiweiß	× 3 =	10,8
0,2 „	Fett	× 2 =	0,4
12,2 „	Faser	× 0,2 =	6,1
69,8 „	Kohlehydrate	× 1 =	69,8
			87,1 Einheiten.

Ist der Preis der Kleie = 5,00 M, so ist der Wert der Pülpe

$$\frac{5 \times 87{,}1}{109{,}2} = 4{,}00 \text{ M.}$$

Über das Verhältnis der in der frischen Kartoffel enthaltenden Stoffe zu den nach der Verarbeitung in der Pülpe verbleibenden Stoffen gibt P. Fließbach-Kurow in einem Heftchen „Die Pülpe und ihre Verwertung", Stolp 1884 folgende Zahlen:

	In der Kartoffel befanden sich vor der Verarbeitung %	Während der Verarbeitung gingen an Fabrikat und Sauerwasser ab %	Es bleibt in dem festen Rückstand nach der Verarbeitung %
Stärkegehalt	20,00	16,00	4,00
Zellulose	1,65	0,30	1,35
Eiweiß	2,12	1,71	0,41
Fett	0,11	0,04	0,07
Salze und Aschenbestandteile	1,06	0,80	0,26
Zucker, Harz usw.	1,06	0,80	0,26
Wasser	74,00	—	—
	—	19,45 %	6,55 %

Will man wissen, welchen Pülpewert eine Kartoffelsorte hat, so ist die Menge der Pülpetrockensubstanz festzustellen. Ist der Kartoffeltrockensubstanzgehalt bekannt und die Menge der aus diesen Kartoffeln erhaltenen Pülpetrockensubstanz, so läßt sich daraus berechnen, wieviel Prozent von der Kartoffeltrockensubstanz in die Pülpe übergehen.

Läßt sich nun für diese Zahl eine Mittelzahl aufstellen, so kann man von dem spezifischen Gewicht der Kartoffeln auf den Pülpewert derselben schließen.

An einer Reihe von Kartoffelsorten hat Verfasser nun den Stärkegehalt und den Trockensubstanzgehalt der Kartoffeln bestimmt. Dieselben sind dann zerkleinert und gesiebt, und die Pülpetrockensubstanz in Zentner bestimmt worden.

Die Bestimmung des Stärke- und Trockensubstanzgehaltes der Kartoffeln geschah mittelst der Reimannschen Kartoffelwage. Die Zerkleinerung geschah fabrikmäßig auf einer Angeleschen Sägeblattreibe mit nachfolgendem Mahlgang, und auch auf der Malinskischen Reibe. Das Reibsel passierte das Schüttelsieb nach der Reibe einmal, nach dem Mahlgange zweimal. Die Pülpe wurde gesammelt, auf Horden getrocknet und lufttrocken gewogen. Von der lufttrockenen Pülpe wurde eine Durchschnittsprobe im Trockenschrank bei 105° C. getrocknet und dann auf absolute Trockensubstanz umgerechnet. Aus nachstehender Tabelle sind die erhaltenen Werte ersichtlich:

(Siehe Tabelle S. 265.)

Wie aus dieser Tabelle zu ersehen ist, kamen sowohl niedrig- als auch hochprozentige Kartoffeln, weiße und auch rote Sorten, zur Verarbeitung. Der Stärkegehalt schwankte zwischen 14,7 und 22,2 %, der Trockensubstanzgehalt zwischen 20,5 und 28,0 %. An Pülpetrockensubstanz wurden pro Zentner von 1795,01 g oder 3,59 % bis 3631,4 g oder 7,26 % erhalten. Der Prozentgehalt

Laufende Nummer	Kartoffelsorte	Stärkegehalt %	Trockensubstanz der Kartoffel %	Pülpetrockensubstanz aus 1 Ztr. Kartoffeln g	Trockensubstanz der Pülpe %	Von der Kartoffeltrockensubstanz in die Pülpe übergegangen %
1	Daber	18,2	24,0	2332,2	4,67	19,46
2	"	22,2	28,0	2224,05	4,45	15,89
3	"	18,8	24,6	2592,9	5,19	21,10
4	"	22,2	28,0	2920,2	5,84	20,86
5	"	22,2	28,0	2791,8	5,58	19,93
6	Max Eyth	16,0	21,8	1883,59	3,77	17,30
7	"	16,2	22,0	1933,95	3,87	17,59
8	"	16,2	22,0	2247,52	4,50	20,45
9	Hannibal	15,1	20,9	1892,27	3,78	18,09
10	Hero	16,3	22,1	1814,12	3,63	16,43
11	"	18,2	24,0	2170,7	4,34	18,08
12	Imperator	19,0	24,8	1931,8	3,86	15,56
13	"	18,4	24,2	1911,11	3,82	15,78
14	"	19,2	25,0	2038,0	4,08	16,32
15	"	19,2	25,0	1991,0	3,96	15,84
16	Seed	15,7	21,5	1805,71	3,61	16,79
17	"	19,2	25,0	3228,7	6,46	25,84
18	Silesia	14,7	20,5	1795,01	3,59	17,51
19	"	20,7	26,5	2210,09	4,42	16,68
20	"	19,7	25,5	2917,82	5,84	22,90
21	Thiel	16,9	22,7	2203,61	4,41	19,43
22	"	20,5	26,3	3094,4	6,19	23,54
23	Topas	20,8	26,6	3631,4	7,26	27,29
24	"	19,0	24,8	3031,28	4,06	16,37
25	Wohltmann	17,1	22,9	2025,96	4,05	17,69
26	"	17,1	22,9	2147,8	4,30	18,78
27	"	17,1	22,9	2228,0	4,46	19,48

der von der Kartoffeltrockensubstanz in die Pülpe übergegangenen Trockensubstanz schwankte zwischen 15,56 und 27,29.

Nimmt man nun von den 27 zur Verarbeitung gelangten Kartoffelproben das Mittel, so kommt man zu dem Schluß, daß 1 Ztr. Kartoffeln rund 4,6 Pfd. Pülpetrockensubstanz geben. Das stimmt mit Saare, wonach 100 kg Kartoffeln 4,5 kg Pülpetrockensubstanz geben, gut überein.

Das Mittel aus der letzten Rubrik der Tabelle ergibt 18,9, d. h. im Mittel gehen von der Kartoffeltrockensubstanz 18,9% in die Pülpe über.

Die Anreicherung der Pülpe an Trockensubstanz geschieht durch Lagern in Gruben über Weidengeflechte oder Reisigbündel, durch Einmieten, durch Pressen und durch Trocknen.

Beim Lagern der Pülpe in Gruben über Weidengeflechte tropft das Wasser allmählich ab und fließt durch eine unterhalb der Weidengeflechte befindliche Rinne ab. Die Pülpe wird auf diese Weise in 3—4 Tagen bis auf 12—14% Trockensubstanzgehalt gebracht.

Das Einmieten der Pülpe geschieht gleichfalls in tiefen Gruben, deren Sohle je nach der Durchlässigkeit des Bodens drainiert oder nicht drainiert ist. Bei undurchlässigem Boden wird der Boden schräg ausgemauert, mit einer Sammelrinne versehen und letztere mit Weidengeflecht überdeckt. Je nach der Dauer des Einmietens verliert die Pülpe durch den eigenen Druck soviel Wasser, daß sie schließlich einen Trockensubstanzgehalt von ca. 40% erreicht. Während des Einmietens unterliegt die Pülpe einem Säuerungsprozeß. Dieser Säuerungsprozeß wird eingeleitet durch Bakterien und je nachdem, ob die Grube richtig angelegt ist, d. h. ob für genügenden Abfluß des Wassers gesorgt ist, tritt eine gesunde Säuerung, jedenfalls durch Milchsäurebakterien veranlaßt, oder bei ungenügendem Wasserabfluß eine Buttersäuregärung ein, welch letztere die Pülpe als Viehfutter ungeeignet macht.

Die Säuerung der Pülpe hat aber auch einen Verlust an Trockensubstanz zur Folge. Die Säure, welche entsteht, zerstört einen Teil der Trockensubstanz, indem gasförmige und wasserlösliche Körper entstehen, welche teils mit der Luft, teils mit dem Abtropfwasser fortgeführt werden. Nach Saare war der Verlust an ursprünglich eingefahrener Pülpe-Trockensubstanz bei 3monatlichem Einsäuern 22%, nach 5 Monaten 27 und nach 7 Monaten 34%. Die sieben Monate lang gesäuerte Pülpe hatte nach Saare in 100 kg (von 18,1% Trockensubstanzgehalt) 0,335 kg nicht flüchtige Säure (auf Milchsäure berechnet) und 0,230 kg flüchtige Säure (auf Essigsäure berechnet).

Das Pressen der Pülpe geschieht durch besonders konstruierte Apparate, welche soviel Wasser abpressen, daß die Pülpe auf ca. 20—30% Trockensubstanz angereichert wird. Das Pressen hat außerdem noch den Vorteil, daß bei ungenügend ausgewaschener Pülpe die nicht ausgewaschene Stärke mit in das abgepreßte Wasser gelangt und aus diesem durch Absitzen gewonnen wird.

Von den verschiedenen Pülpepressen mögen die von Büttner-Uerdingen, die Gercke-Presse von R. A. Hartmann-Berlin und die von H. Schmidt-Küstrin hier Erwähnung finden.

Die Presse von Büttner besteht aus zwei parallel nebeneinander hinlaufenden hohlen Walzen, welche einen durchbrochenen Mantel haben, dem gelochte Messingbleche aufgelegt sind. Unter den Walzen befindet sich ein Zuführungstrog, aus dem die Pülpe infolge des Zufließens aus einem hochgelegenen Quirlbottich von unten her an die Walzen gedrückt, von diesen eingesaugt und in dem engen Raum eines über den Walzen angebrachten eisernen Aufsatzes hochgedrückt wird. Eine Transportschnecke befördert die gepreßte Pülpe von dem Ende des Aufsatzes nach der Pülpegrube. Das Wasser gelangt durch den durch-

brochenen Mantel der Walzen in das Innere derselben und wird von hier fortgeführt. In dem Quirlbottich findet ein Zusatz von Kalkmilch zur frischen Pülpe statt, dadurch erhält die Pülpe eine härtere Konsistenz und läßt sich besser entwässern. Der Kalkzusatz beträgt nach Saare ca. 0,5—2 kg Kalk auf 1000 l Pülpe.

Die Prüfung der Alkalität der mit Kalkzusatz gepreßten Pülpen ergab nach Saare

frisch gepreßt	I	1000 g	= 22,5 ccm	Normalnatron	= 0,63 g CaO
	II	1000 „	= 46,0 „	„	= 1,30 „ „
	III	1000 „	= 10,3 „	„	= 0,29 „ „

Mit Kalkzusatz gepreßte, dann getrocknete Pülpeproben hatten nach Saare:

Alkalität: a)	1000 g	= 20,2 ccm	Normalnatron	= 0,54 g CaO
b)	1000 „	= 11,4 „	„	= 0,32 „ „

Der Wassergehalt bei a) war 10,8%.
„ b) „ 12,1 „
Der Aschengehalt „ a) „ 6,6 „ darin Kalk (CaO) = 2,9 = 5,2 $CaCO_3$.
„ b) „ 9,9 „ „ „ „ = 4,8 = 8,6 „

Die **Gercke-Presse** von R. A. Hartmann ist ein kontinuierlich wirkender Entwässerungsapparat. Derselbe besteht in einem Preßraum, der senkrecht stehend sich nach unten verjüngt und durch zwei Winkelhebel enger oder weiter gestellt werden kann. Der Druck auf die in ihm abwärts sich bewegende Pülpe wird durch Metall-Lamellen (Platten) hervorgebracht, welche die Seitenwände des Preßraumes bilden und sich gegeneinander hin- und herschiebend fortwährend bewegen. Das abgepreßte Wasser fließt zwischen den Lamellen nach außen ab, die gepreßte Pülpe fällt an der untersten Stelle des Preßraumes aus.

Die **Pülpepresse** von Hermann Schmidt (Abb. 73) bewirkt ebenso wie alle anderen Pressen nicht nur ein teilweises Entwässern der ausgewaschenen Pülpe, sondern ergibt auch in der Praxis eine erhebliche Mehrausbeute an Stärke.

Die Presse, nach Art der kontinuierlichen Obstpressen gebaut, besteht aus einer mit Schneckenflügeln besetzten stehenden Welle, welche sich in einem aus gelochtem Eisenblech bestehenden Hohlzylinder dreht, welcher im Innern mit feingelochtem Messingblech ausgekleidet ist. Die Pülpe wird entweder nach der Presse gepumpt oder fällt direkt von dem Sieb in den Fülltrichter a, tritt aus demselben von unten in den Hohlzylinder ein und wird von der Schneckenwelle erfaßt und nach oben getrieben. Der Austritt der gepreßten Pülpe erfolgt oben durch eine seitliche Öffnung, welche durch eine mit Hebelgewicht beschwerte Charnierklappe b geschlossen ist. Dadurch, daß die Pülpe nicht frei aus der Presse heraustreten kann, sondern erst die Klappe b mit großem Druck von innen öffnen muß, wird sie von den Schneckenarmen mit von unten nach oben zunehmendem Druck in sich zusammengepreßt und dabei gleichzeitig durchgeknetet und an der Siebfläche vorbeigeführt, welche das ausgepreßte Wasser durchfließen läßt. Durch das unter zunehmendem Druck sich oft wiederholende starke Durcharbeiten der Pülpe durch die Schneckenarme wird die noch zurückgebliebene Stärke,

welche fest an den Fasern sitzt und auch von reichlich bemessenen Auswaschsieben nicht ausgewaschen wird, von den Fasern gelöst und fließt mit dem ausgepreßten Wasser ab. Das herabrieselnde Wasser wird von der mit einem Rand versehenen Grundplatte aufgefangen und fließt durch Rinne d nach dem Schlammbrunnen oder nach einem anderen Bottich ab. Zur Gewinnung der Stärke wird das mit

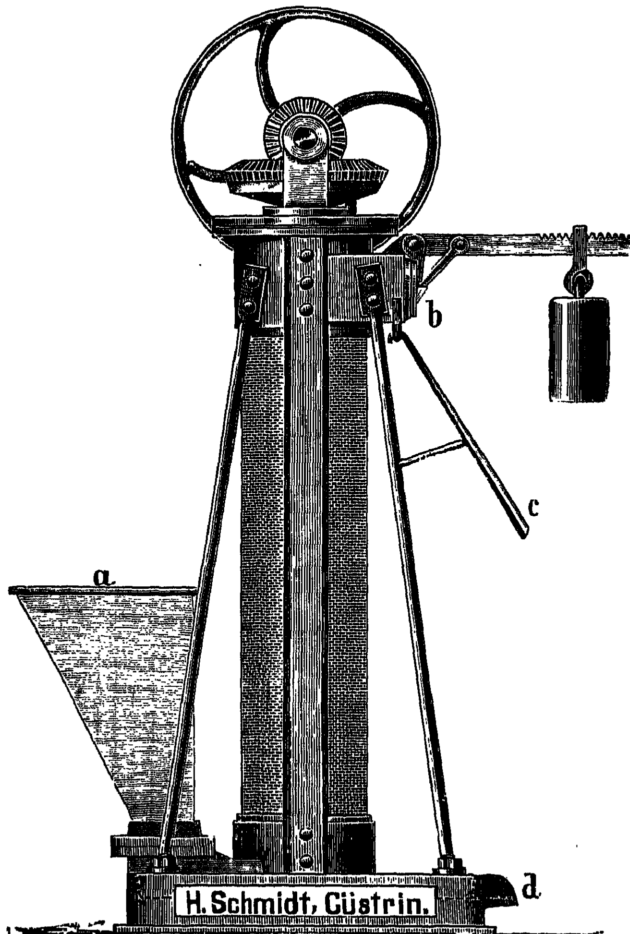


Abb. 78. Pülpepresse von H. Schmidt, Cüstrin.

einem Rührwerk aufgerührte Preßwasser nach dem Schlammsieb gepumpt, auf welchem die Fasern ausgeschieden werden, und danach über die Schlammrinnen gelassen, auf denen sich die Stärke absetzt.

Die vom Feinsieb fallende Pülpe, welche aus den durch die Zylindersiebgaze getretenen feinen Fasern besteht, kann auf dieser Presse ohne Kalkzusatz nicht

entwässert werden, da sie keinen Widerstand in der Presse bietet und auch beim Zumischen zu der übrigen Pülpe mit dem Preßwasser abfließt.

Durch einen Zusatz von Kalkwasser erhält die Pülpe eine härtere, festere Konsistenz, so daß auch die vom Feinsieb fallende Pülpe beigemischt werden kann. Die Entwässerung in der Presse geht dann erheblich schneller und besser, da die härtere, entwässerte Pülpe weniger plastisch ist, deshalb weniger leicht aus der Presse austritt und dadurch auch bei zurückgeschobenem Belastungsgewicht der nachdrängenden Pülpe genügenden Widerstand zum Auspressen leistet.

Das Trocknen der Pülpe geschieht in Trockenapparaten. Die Firma Büttner-Uerdingen baut speziell einen Pülpe-Trockenapparat, der aus drei übereinander liegenden, aus Mauerwerk hergestellten Kammern besteht, in welchen sich mehrere Mulden befinden, in denen sich paarweise angeordnete Schaufelwellen so bewegen, daß sie ineinandergreifend sich das Trockengut gegenseitig zuwerfen. Die Trocknung geschieht durch einen heißen Luftstrom von ca. 500—700° C. Die Feuergase werden in einer besonderen Feuerungsanlage erzeugt und durch einen Exhaustor durch den Apparat durchgesaugt. Die Pülpe tritt in die oberste Kammer ein, durchwandert die drei Kammern und wird am Ende der untersten Kammer ausgeworfen. In einem Zyklon wird der von dem Luftstrom mitgerissene feine Pülpestaub aufgefangen. Die Luft, welche am Ende des Apparates ca. 50° C. hat, entweicht durch den Zyklon aus dem Dach und die Pülpe fällt nach unten.

Außer auf diesem Trockenapparat kann man auch die Pülpe in den neuerdings gebauten Kartoffeltrocknungsapparaten, welche Verfasser in seinem „Handbuch der Kartoffeltrocknerei" (Berlin, Verlag Paul Parey, 1907) ausführlich beschrieben hat, trocknen. Das Prinzip der Trocknung lautet bei allen diesen Apparaten darin, das Trockengut mit einem heißen Luftstrom (Feuergasen) in Berührung zu bringen und durch einen Bewegungsmechanismus in Bewegung zu halten. Dabei führt der heiße Luftstrom das leichte, trocken gewordene Material schneller fort, während das noch feuchte, schwerere Material solange zurückbleibt, bis es ebenfalls trocken genug ist. Die bei der Einwirkung des heißen Luftstromes auf das Trockengut entstehenden Wasserdämpfe sättigen den Luftstrom und werden mittelst eines Exhaustors zusammen mit dem Luftstrom fortgeführt.

Das **Abwasser** enthält alle löslichen Bestandteile des Saftes der Kartoffeln wie Zucker, Stickstoffverbindungen, Säuren und Mineralstoffe, außerdem sind alle diejenigen Stoffe darin enthalten, welche durch das Waschen der Kartoffeln von den Kartoffeln getrennt werden, z. B. Bodenbestandteile, und dann die Stoffe, welche bei der Reinigung der Stärke auf den Sieben und Waschbottichen in das Waschwasser übergehen, wie feine Faserteilchen, ausgeschiedene Eiweißstoffe, Sandteilchen und niedere Organismen, wie Hefen und Bakterien.

Nach Maercker enthielt ein Abwasser einer Kartoffelstärkefabrik folgende Stoffe in einem Kubikmeter:

organische Stoffe 1,134 kg					
organ. Stickstoff kg	Mineralstoff kg	Kali kg	Phosphorsäure kg	Ammoniak kg	Salpetersäure kg
0,141	0,724	0,213	0,057	0,037	0,004

Im Laboratorium des Vereins der Stärke-Interessenten in Deutschland wurden im Kubikmeter Fruchtwasser gefunden:

Trockensubstanz	5,70 kg
Asche	1,35 „
Stickstoff	0,12 „
Kali	0,54 „
Phosphorsäure	0,09 „

Ein anderes Fruchtwasser enthielt in 1 cbm 120 g wasserfreie = 150 g handelstrockene Stärke mit 20% Wasser. Rechnet man auf 100 Ztr. Kartoffeln = 100 cbm Abwasser, so wäre der Verlust auf je 100 Ztr. Kartoffeln in Fruchtwasser 15 kg handelstrockene Stärke, und wenn man von 100 Ztr. Kartoffeln im Mittel 17 Ztr. Handelsstärke erhält, rund 2% der gewinnbaren Stärke, wobei aber zu beachten ist, daß dieselbe sehr kleinkörnig und minderwertig ist. Nicht alle Fruchtwasser enthalten Stärke; im oben erwähnten Laboratorium wurde ein drittes Fruchtwasser als stärkefrei befunden.

Von den in dem Abwasser enthaltenen Bestandteilen sind die stickstoffhaltigen Stoffe, das Kali und die Phosphorsäure die wichtigsten. Diese sind nämlich sehr geeignete Pflanzennährstoffe; infolgedessen eignen sich die Abwässer auch vorzüglich als Düngemittel für Feld und Wiesen. Bei der Anlage einer Stärkefabrik muß daher darauf geachtet werden, daß diese wertvollen Stoffe nicht ungeachtet verloren gehen, sondern dem Acker wieder zugeführt werden. Die Berieselung namentlich von Wiesen ist daher die beste Verwertung und gleichzeitig beste Beseitigung der Abwässer. Den großen Erfolg der Berieselung von Wiesen mit Fruchtwasser zeigt folgendes Beispiel:

Nach Saare wurde auf einer Rieselwiese der Ertrag von 12 Ztr. schlechtem Heu vor dem Rieseln mit Fruchtwasser auf 20 Ztr. auf den Morgen im ersten und auf 25 Ztr. im zweiten Jahre der Rieselung gehoben. Selbst Unland läßt sich durch die Rieselung mit Fruchtwasser urbar machen.

Während diejenigen Fabriken, landwirtschaftliche und industrielle, welche im Besitze von Ländereien sind, die Vorteile der Berieselung genießen, und damit gleichzeitig sich einer bequemen Beseitigung der Abwässer erfreuen, haben diejenigen Betriebe, welchen kein Rieselland zu Gebote steht, oft große Umstände, das Abwasser zu beseitigen. Da in letzterem Falle das Abwasser meist in einen See oder einen Wasserlauf fließt, auf welche auch andere Anrechte, z. B. Fischereigerechtigkeit, besitzen, so ist es für den Stärkefabrikanten von großer Wichtigkeit, daß er das Abwasser seiner Fabrik in eine für Fische ungefährlichen Beschaffenheit dem Wasserlauf zuführt. Die Bestandteile des Abwassers sind an sich ungefährlich; wenn aber das Abwasser nicht genügend abfließen kann, wenn es

stagniert, dann gehen namentlich die stickstoffhaltigen und zuckerhaltigen Bestandteile derselben leicht in faulige und saure Gärung über. Es können durch Einwirkung von Hefen und Bakterien Gase entwickelt werden, welche, wie z. B. der Schwefelwasserstoff, den Fischen gefährlich werden können. Eine Reinigung der Abwässer ist in diesem Falle notwendig und ist auch gesetzlich vorgeschrieben.

Die Kontrolle der Abwässer von seiten der Regierung wird jetzt wesentlich strenger gehandhabt als früher. Das ist die Folge einer Ministerialverfügung vom 20. Februar 1901, nach welcher die Polizeibehörden verpflichtet sind, die öffentlichen Wasserläufe daraufhin zu prüfen, ob sie durch gewerbliche Anlagen verunreinigt werden oder nicht.

Die Reinigung des Abwassers geschieht am besten und bequemsten durch eine sehr große Verdünnung (ca. 1000fach) mit reinem Wasser. Ein etwas umständliches und kostspieliges Verfahren ist das biologische Verfahren, welches darin besteht, durch eine Vorflut die Senkstoffe zu beseitigen und durch Überleiten des vorgereinigten Wassers über mit Schlacke, Ziegelsteinen oder Coaks angefüllte Behälter und dadurch bezweckte Einwirkung der Luft dem Wasser die Fäulnisfähigkeit zu nehmen. Die wirksamste Reinigung ist die Rieselung auf möglichst große Flächen. Die Behandlung der Abwässer mit Kalk nützt meist wenig und kann bei Überschuß erst recht gefährlich werden, da Kalk ziemlich starkes Fischgift ist, und es technisch sehr schwierig ist, den Kalkzusatz so zu regeln, daß er gleichmäßig verläuft. Dazu kommt noch, daß der Kalk aus der Luft Kohlensäure anzieht, sich neutralisiert, und daß die Gefahr der Bakteriengärung dann erst recht wächst. Auch die Behandlung mit schwefliger Säure ist ungeeignet, diese ist sogar direkt gefährlich, da schweflige Säure ein starkes Fischgift ist.

Außer den durch faule und saure Gärung des Abwassers entstehenden Übelständen kann das Abwasser auch noch durch Organismen verunreinigt werden, deren Entwicklung nach Schreib durch Kohlenhydrate (Zucker) und wahrscheinlich auch Ammoniak begünstigt wird. Diese Organismen sind Wasserpilze, welche an sich zwar nicht gefährlich sind, aber bei großer Vermehrung und darauf folgendem Absterben einen günstigen Nährboden für Bakterienentwicklung abgeben und dann infolge Bildung von Schwefelwasserstoff den Fischen gefährlich werden. Diese Wasserpilze sind namentlich Leptomitus lacteus, eine fadenförmige Alge, welche verzweigte, farblose mehrzellige Fäden bildet und Beggiatoa alba, ein lange, walzenförmige Fäden oder Stäbchen und lebhaft dahinschießende Schraubenformen (Spirillen) bildender Spaltpilz. Die ungünstigen Folgeerscheinungen dieser Wasserpilze können dadurch vermieden werden, daß der Wasserlauf oft und gründlich von der Massenansammlung solcher Algen und Pilze befreit wird.

Über Abwässerbeseitigung und -reinigung sind in der Ztschr. f. Sp. 1905, Nr. 36 einige Verfahren beschrieben, welche alle das Reinigen von fäulnisfähigen Abwässern zum Ziele haben. Diese Verfahren sind: Die Berieselung, die Entschlammung oder die mechanische Reinigung, das Kohlebreiverfahren, das biologische Verfahren und die Reinigung auf elektrischem Wege.

Bei der Berieselung wird das Abwasser erst in einen Sandfang zur Absetzung seiner gröbsten Schwimmstoffe geleitet und dann über einen geeigneten

und vorbereiteten Boden geführt. Das durchgesickerte und dadurch geklärte und gereinigte Wasser wird dann mittels einer im Boden in 1 bis 2 m Tiefe liegenden Drainleitung dem Vorfluter zugeführt. Der Boden soll durchlässig sein, erstens um als Filter wirken zu können, dann aber auch, um Luft hinzutreten zu lassen, welche die im Boden durch die Tätigkeit kleiner und kleinster Lebewesen vor sich gehende Oxidation der Abwässer unterstützt. Zur Vermeidung der Sättigung oder Übersättigung des Bodens muß der Rieselbetrieb ein intermittierender sein, d. h. nach der jedesmaligen Berieselung eines Ackerstückes folgt eine Ruhepause, deren Länge sich nach der Konzentration des Rieselwassers und nach der Aufnahmefähigkeit des Bodens richtet. Bei der mechanischen Reinigung wird das Abwasser langsam durch langgestreckte Becken oder auch tiefe Brunnen geleitet; dabei sinken die gröberen Schwimmstoffe zu Boden und das geklärte Wasser kann abfließen. Der größte Reinigungseffekt soll bei einer Wassergeschwindigkeit von 2—4 mm in der Sekunde erzielt werden, der beste Reinigungsgrad wird durch eine Länge der Becken von etwa 50 m erreicht. Der Nachteil der mechanischen Reinigung ist der, daß die vorhandenen Bakterien nicht vernichtet werden, sondern erst durch Chemikalien, wie Kalkmilch und kieselsaure Tonerde, unschädlich gemacht werden müssen. Die Becken werden gewöhnlich massiv hergestellt. Ihre Sohle wird entweder gewölbt oder sie erhält ein Pflaster, welches Gefälle nach einer in der Achse des Beckens angeordneten Rinne hat. In dieser Rinne bezw. der tiefsten Stelle des Gewölbes sammelt sich der Schlamm und wird hier später abgesogen. Bei größeren Anlagen sind die Becken überwölbt, was sich im Interesse der Nachbarschaft bei allen Anlagen empfiehlt. Die Entfernung des Schlammes kann durch eine fahrbare Pumpe oder eine dauernde Pumpenanlage oder durch einen pneumatischen Apparat bewirkt werden.

Die Sandfänge der Becken sind meist durch ein eisernes Gitter, vor welchem sich die gröberen Schwimmstoffe sammeln, in zwei Teile geteilt und mit einem Notauslaß versehen.

Eine andere Art der mechanischen Reinigung besteht darin, daß man das Wasser langsam durch mittels Querwände in einzelne Abteilungen geteilte, langgestreckte Becken laufen läßt. Der Übergang des Wassers von einer Abteilung zur anderen erfolgt fast immer in der Weise, daß das Wasser entweder in der Höhe des Wasserspiegels mittels Überfällen oder, aber selten, an der Sohle des Beckens übertritt.

Außer den Flachbecken kommen auch Brunnen, in welchen das Wasser durch senkrechte Querwände gezwungen wird, ab- und aufwärts zu steigen und hierbei seine Schwebestoffe abzusetzen, zur Verwendung. Von anderen Systemen der mechanischen Reinigung wird erwähnt das System Rothe-Röckner. Dasselbe besteht aus einem massiven Brunnen, in welchen eine eiserne Glocke eintaucht. Das mit Chemikalien gemischte Abwasser fließt durch ein eisernes Rohr unter einen schirmartigen Stromverteiler. In dem eisernen Klärzylinder wird die Luft verdünnt und dadurch das Wasser in diesen gehoben, während der Schlamm sich auf dem Boden des Brunnens sammelt. Der Ablauf des gereinigten Wassers erfolgt durch eine eiserne Überleitung, während der Schlamm ausgepumpt wird.

Das Kohlebreiverfahren nach Degener und Rothe besteht darin, daß als Fällungsmaterial ein aus Braunkohle oder Torferde hergestellter Brei benutzt wird, dem schwefelsaures Eisenoxyd beigemischt wird. Das Kohlebreiverfahren wird stets in Verbindung mit den Rothe-Röcknerschen Klärtürmen ausgeführt; der Schlamm wird in Filterpressen entwässert, darauf zu Briketts gepreßt und verbrannt. Betreffend die Schlammverwertung werden erwähnt die in Kassel ausgeführten Versuche, dem Schlamm das Fett zu entziehen und den entfetteten Schlamm zu Kunstdünger zu verarbeiten; außerdem haben noch die Firma Rothe & Co., Berlin, und die Gasmotorenfabrik Deutz Versuche zwecks Vergasung des Schlammes angestellt. Es soll gelungen sein, durch die Vergasung in einem Generator ein Heizgas von genügend gleichmäßiger Zusammensetzung zu erzeugen und damit nach entsprechender Reinigung einen Gasmotor anstandslos zu betreiben. Die zurückbleibende Asche und Schlacke kann die Landwirtschaft wegen der darin enthaltenen Kalisalze und Phosphate als Düngemittel benutzen.

Das biologische Verfahren besteht darin, daß das Abwasser entweder durch einen luft- und lichtdicht abgeschlossenen Raum geht, das ist der sogenannte Faulraum, und dann über aus Kleinschlag hergestellte Filter (Oxydationsfilter), oder aber die Verfaulung fällt fort und das Abwasser passiert nur mehrere hintereinander geschaltete Oxidationsfilter. Das gebräuchlichste Verfahren ist das Riesel- oder Sprinklerverfahren, bei welchem das Wasser über die Filterfläche regenartig verrieselt wird. Der Unterschied zwischen diesem und dem Stauverfahren ist der, daß bei ersterem eine ständige energische Durchlüftung stattfindet, während bei dem Stauverfahren die Durchlüftung des Filters in den Ruhepausen zwischen den einzelnen Beschickungen stattfindet. Die Reinigung der Jauche erfolgt sowohl im Faulraum als auch auf den Filtern, nur mit dem Unterschied, daß im Faulraum die festen Stoffe durch geeignete Erreger in Fäulnis gebracht werden, während in den Filtern sich bildende kleinste Lebewesen die schädlichen Bakterien vernichten. Das Material der Filter besteht aus Schlacken, Koks oder Ziegelbrocken, soll porös und eisenhaltig sein. Die Korngröße beträgt 3—30 mm. Von den verschiedenen biologischen Verfahren werden erwähnt das von F. W. Dettler, Berlin, Krüger, Merseburg, und die Scheppendahlsche Anlage.

Schließlich wird noch die Reinigung auf elektrischem Wege kurz erwähnt. Feststehende Resultate hat dieses Verfahren bisher noch nicht ergeben. Von den beiden erwähnten Verfahren bezweckt dasjenige von Webster eine vollständige Oxidation der organischen Stoffe und eine wesentliche Herabminderung der Bakterienzahl, während das Hermitzsche Verfahren nur eine Desinfektion des Abwassers bewirkt. Für den Großbetrieb sind diese Verfahren nicht geeignet.

E. Rolants berichtet in der Rev. d'Hygiène 1906, 28, 75 über die biologische Reinigung der Abwässer aus Stärkefabriken das Folgende:

Der geringe Gehalt der Stärkefabrikabwässer an suspendierter organischer Substanz ließ die Behandlung in Faulbetten entbehrlich erscheinen, während andrerseits der große Gehalt an gelöster organischer Substanz vorherige Verdünnung ratsam machte. Wurde dem Abwasser die dreifache Menge gewöhnlichen

Wassers zugesetzt, so gelang es in der Tat, durch dreimaligen Kontakt mit aeroben Bakterienbetten eine durchaus befriedigende Reinigung zu erzielen, so daß das gereinigte Wasser ohne Bedenken direkt den Flußläufen zugeführt werden kann.

Die Ausbeute.

Die Ausbeute ist abhängig von der Beschaffenheit der Kartoffeln, von der Betriebsführung und von der Betriebseinrichtung. Der wichtigste Bestandteil der Kartoffel ist die Stärke, je größer der Stärkereichtum ist, desto höher wird die Ausbeute sein. Die Größe der Stärkekörnchen ist gleichfalls von Wichtigkeit; je mehr große Stärkekörner in der Kartoffel vorhanden sind, desto größer wird der Anteil an erstem Produkt (Superior-Primastärke) sein und desto weniger Nachprodukte (Sekunda- Tertiastärke, Schlammstärke usw.) werden erhalten. Ferner spielt die Beschaffenheit der Schale und der Faser eine Rolle; je dickschaliger die Kartoffeln sind, desto mehr Pülpe bleibt bei der Verarbeitung zurück, und da in der Pülpe sowohl gebundene, als auch auswaschbare Stärke zurückbleibt, so wird auch der Stärkeverlust bei dickschaligen Kartoffeln größer sein, als bei dünnschaligen. Schließlich ist der Gesundheitszustand der Knollen ebenfalls von großem Einfluß auf die Ausbeute. Kranke und faule Kartoffeln erschweren die Verarbeitung und haben Stärkeverluste zur Folge. Zu einer richtigen Betriebsführung gehört außer der Instandhaltung der Maschinen und Apparate und der Beobachtung peinlicher Sauberkeit des Betriebes die gewissenhafte Ausführung einer Betriebskontrolle. Die Betriebskontrolle erstreckt sich auf die Bestimmung des Stärkegehaltes der Kartoffeln und der Schmutzprodukte derselben, die Feststellung der verarbeiteten Kartoffeln, die Untersuchung der Pülpe und des Abwassers und die Prüfung des fertigen Fabrikates auf Reinheit und Wassergehalt. Ein Stärkemeister, der täglich eine Betriebskontrolle ausführt, wird große Stärkeverluste vermeiden und eine hohe Ausbeute erzielen. Eine gute Betriebseinrichtung erfordert Maschinen und Apparate mit vorzüglicher Beschaffenheit und Leistungsfähigkeit. Die Anordnung der Apparate muß so getroffen sein, daß Stärkeverluste möglichst vermieden werden und eine leichte und bequeme Beaufsichtigung und Reinigung der Apparate geschehen kann.

Bereits im Jahre 1890 hat Saare Ausbeute-Tabellen aufgestellt und in der Zeitschrift für Spiritusindustrie (1890, Nr. 41 u. 42) veröffentlicht. Diese Tabellen geben darüber Aufschluß, welche Ausbeuten in einem sehr gut, gut, mittelmäßig und schlecht geleitetem Betriebe zu erwarten sind. Saare hat bei der Berechnung der Tabelle die bei der Fabrikation auftretenden Verluste an Stärke mit berücksichtigt, und dabei hauptsächlich den Zuckergehalt der Kartoffeln, der bei der Stärkebestimmung mittelst der Kartoffelwage mit als Stärke angegeben wird, und die Stärkeverluste in der Pülpe in Rechnung gezogen. Den Stärkewert des Zuckergehaltes der Kartoffeln fand Saare im Mittel zu 1,5%, den mittleren Fasergehalt der Kartoffeln ebenfalls zu 1,5%. Da nun nach Saare die wasserfreie Substanz sehr gut ausgearbeiteter Pülpe durchschnittlich

noch 50% Stärke, bei guter Arbeit 60%, bei mittlerer Arbeit 70% und bei schlechter Arbeit 80% Stärke enthält, so sind bei einem mittleren Fasergehalt der Kartoffeln von 1,5% und bei 1,5% Nichtstärke (für Zucker) von der Angabe der Kartoffelwage abzurechnen 3, 3,75 5,00 und 7,5%, wenn man die wirklich gewinnbare wasserfreie Stärke ermitteln will. Bei der Aufstellung der Tabelle ist Saare von der feuchten Stärke ausgegangen, er hat hier einen Wassergehalt von 50% angenommen. Bei der Berechnung der Ausbeute auf trockene Handelsstärke mit 20% hat er die Verluste, welche bei der Verarbeitung von feuchter Stärke auf Handelsstärke entstehen, berücksichtigt und statt der theoretischen Ausbeute von 62,5 kg Handelsstärke aus 100 kg feuchter Stärke nur 60% angenommen. Auf Grund dieser Berechnungen hat Saare dann folgende Ausbeutetabellen aufgestellt:

I. 100 Ztr. Kartoffeln geben:

Angabe der Kartoffelwage	bei ausgezeichneter Arbeit		bei guter Arbeit		bei mittlerer Arbeit		bei schlechter Arbeit	
%	feuchte Stärke Ztr.	trockene Stärke Ztr.	feuchte Stärke Ztr.	trockene Stärke Ztr.	feuchte Stärke Ztr.	trockene Stärke Ztr.	feuchte Stärke Ztr.	trockene Stärke Ztr.
24	42,0	25,2	40,5	24,3	38,0	22,8	33,0	19,8
22	38,0	22,8	36,5	21,9	34,0	20,4	29,0	17,4
20	34,0	20,4	32,5	19,5	30,0	18,0	25,0	15,0
18	30,0	18,0	28,5	17,1	26,0	15,6	21,0	12,6
16	26,0	15,6	24,5	14,7	22,0	13,2	17,0	10,2
14	22,0	13,2	20,5	12,3	18,0	10,8	13,0	7,8
12	18,0	10,8	16,5	9,9	14,0	8,4	9,0	5,4

II. 1. Wispel Kartoffeln (= 25 Ztr) gibt:

Angabe der Kartoffelwage	bei ausgezeichneter Arbeit		bei guter Arbeit		bei mittlerer Arbeit		bei schlechter Arbeit	
%	feuchte Stärke Ztr.	trockene Stärke Ztr.	feuchte Stärke Ztr.	trockene Stärke Ztr.	feuchte Stärke Ztr.	trockene Stärke Ztr.	feuchte Stärke Ztr.	trockene Stärke Ztr.
24	10,5	6,3	10,1	6,1	9,5	5,7	8,2	4,9
22	9,5	5,7	9,1	5,5	8,5	5,1	7,2	4,3
20	8,5	5,1	8,1	4,9	7,5	4,5	6,2	3,7
18	7,5	4,5	7,1	4,3	6,5	3,9	5,2	3,1
16	6,5	3,9	6,1	3,7	5,5	3,3	4,2	2,5
14	5,5	3,3	5,1	3,1	4,5	2,7	3,2	1,9
12	4,5	2,7	4,1	2,5	3,5	2,1	2,2	1,3

III. Zur Herstellung von 1 Ztr. Stärke sind erforderlich Zentner Kartoffeln:

Angabe der Kartoffelwage	bei ausgezeichneter Arbeit		bei guter Arbeit		bei mittlerer Arbeit		bei schlechter Arbeit	
	feuchte Stärke	trockene Stärke	feuchte Stärke	trockene Stärke	feuchte Stärke	trockene Stärke	feuchte Stärke	trockene Stärke
%	Ztr.	Ztr.	Ztr.	Ztr.	Ztr.	Ztr.	Ztr.	Ztr.
24	2,4	4,0	2,5	4,1	2,6	4,4	3,0	5,0
22	2,6	4,4	2,7	4,6	2,9	4,9	3,5	5,7
20	2,9	4,9	3,1	5,1	3,3	5,5	4,0	6,6
18	3,3	5,5	3,5	5,8	3,8	6,4	4,8	7,9
16	3,8	6,4	4,1	6,7	4,6	7,6	5,9	9,8
14	4,6	7,6	4,9	8,0	5,5	9,3	7,7	12,8
12	5,5	9,3	6,0	10,1	7,1	11,9	11,1	18,5

Von C. J. Lintner ist folgende Tabelle berechnet, welche nur unter Berücksichtigung des Wassergehaltes der Stärke nicht der Verluste die Ausbeute an Handelsstärke aus nasser Stärke angibt:

100 Ztr. feuchter Stärke geben Zentner trockener Stärke:

bei einem Wassergehalt der feuchten Stärke von	bei einem Wassergehalt der trockenen Stärke von						
%	20%	19%	18%	17%	16%	15%	14%
55	56,2	55,5	54,8	54,2	53,6	52,9	52,3
54	57,5	56,9	56,1	55,4	54,8	54,1	53,5
53	58,7	58,0	57,3	56,6	56,0	55,3	54,6
52	60,0	59,2	58,5	57,8	57,1	56,5	55,8
51	61,2	60,5	59,7	59,0	58,2	57,6	57,0
50	62,5	61,7	61,0	60,2	59,5	58,8	58,1
49	63,7	62,9	62,2	61,4	60,7	60,0	59,3
48	64,9	64,2	63,4	62,6	61,9	61,2	60,5
47	66,1	65,4	64,7	63,8	63,1	62,3	61,6
46	67,4	66,6	65,8	65,1	64,2	63,5	62,8
45	68,6	67,9	67,1	66,2	65,3	64,7	63,7

Die von Saare theoretisch aufgestellten Ausbeutetabellen sind durch zahlreiche praktische Ausbeuteversuche einer eingehenden Kontrolle unterzogen worden. Es hat sich dabei herausgestellt, daß in der Praxis meist um ca. 1% höhere Ausbeuten erzielt werden. Im allgemeinen können aber diese Tabellen noch heute als maßgebend betrachtet werden.

Bereits im Jahre 1898 hat Saare Ausbeuteversuche bei verschiedenen Kartoffelsorten angestellt. Nach seinen Angaben sind diese Versuche später vom Verfasser in erweiterter Form fortgesetzt und auf mehrere andere Kartoffelsorten ausgedehnt worden.

Zu den in dem Jahre 1898 angestellten Versuchen wurden die beiden Kartoffelsorten benutzt, die wir als Standardmuster ansehen, nämlich Imperator und Daber. Das Resultat dieser Versuche war, daß von 100 Ztr. Kartoffeln bei Imperator mit 20,2% wirklichem Stärkegehalt 18,97 Ztr. reine Stärke gewonnen wurden, dagegen bei Daber mit 20,7% wirklichem Stärkegehalt 18,25 Ztr. reine Stärke. Bei Imperator blieben in der Pülpe 1,29 Ztr. wasserfreie Stärke, bei Daber 2,67 Ztr. Imperator enthielt an gewinnbarer Stärke zusammen mit der in der Pülpe gebundenen Stärke 20,26 Ztr., Daber ebenso fabrikmäßig nachgewiesen 20,92%. Im Vergleich zu dem in einer kleinen Probe auf chemischem Wege bestimmten Stärkegehalt wichen die in der Praxis gefundenen Zahlen also um nur $^1/_{10}$ bis $^2/_{10}$% im Stärkegehalt ab, d. h. die Genauigkeit der Methode war eine gute.

Von der in den Kartoffeln insgesamt enthaltenen Stärke waren in der Pülpe geblieben bei Imperator 6,5%, bei Daber dagegen 12,75%. Wasserfreie Pülpe hatte Imperator 2,36 Ztr. gegeben, Daber aber das Doppelte, nämlich 4,18 Ztr. Auf die Praxis übertragen war das Endresultat folgendes: Von 100 Ztr. Kartoffeln lieferte Imperator mit einem wirklichen Stärkegehalt von 20,2% 38 Ztr. feuchte Stärke, während Daber mit 20,7% wirklichem Stärkegehalt, also $^1/_2$% Stärke mehr, nur 36,5 Ztr. feuchte Stärke lieferte. Trotzdem also die Daber-Kartoffel reicher an Stärke war, war die Ausbeute an Stärke doch geringer als bei Imperator. Der Grund dafür war der, daß die Daber-Kartoffel mehr Pülpe und in dieser mehr gebundene Stärke gab.

Außer den von Saare für die Versuche benutzten Kartoffelsorten Daber und Imperator sind in den Jahren 1900—04 auf nachfolgende Kartoffelsorten die Versuche erstreckt worden: Hannibal, Professor Wohltmann, Hero, Max Eyth, Seed, Ceres, Geheimrat Thiel, Silesia, Topas und Professor Märcker. Es sind somit rote und weiße Sorten und gleichzeitig dickschalige und dünnschalige Kartoffeln einer Prüfung unterzogen. Leider war es nicht möglich, die genannten Sorten sämtlich in jedem Jahre der fünfjährigen Versuchsdauer zu verarbeiten, es sind vielmehr von den oben erwähnten 12 Sorten in einem Jahre 9, im anderen Jahre 8 oder auch 7 und in einem Jahre infolge anderer Versuchsanstellungen sogar nur 4 Sorten für die Versuche verwendet worden. Infolgedessen sind auch die einzelnen Sorten nur verschieden oft in der Versuchsperiode zur Prüfung gelangt, so ist z. B. Professor Märcker, Seed, Hannibal und Ceres nur einmal geprüft, während Hero und Max Eyth, dreimal, Geheimrat Thiel, Topas und Professor Wohltmann viermal und schließlich Daber, Imperator und Silesia in jedem Jahre der fünfjährigen Versuchsdauer, also fünfmal, einer Prüfung auf Ausbeute unterzogen worden.

Der Zweck dieser Versuche ist ein zweifacher. Erstens soll ein Zahlenmaterial gesammelt werden, auf Grund dessen genaue Korrekturen an den Ausbeutetabellen vorgenommen werden können, und zweitens wollen wir auf diese Weise in die Lage kommen, mit Sicherheit angeben zu können, welche Kartoffelsorten sich zum Anbau für die Stärkefabrikation am besten eignen. Als abschließend sind diese Versuche selbstverständlich noch nicht anzusehen, dazu bedarf

es noch einer längeren Reihe von Versuchen und einer größeren Anzahl von Kartoffelsorten; immerhin aber geben uns die Resultate dieser fünfjährigen Versuche Anhaltepunkte über die zu erwartende Ausbeute an Stärke und über das Verhältnis vom ersten zum zweiten Produkt der aus den Kartoffeln erzielten Stärke.

Die Anstellung der Versuche war im allgemeinen dieselbe wie sie schon Saare im Jahre 1898 gemacht hat. Nur insofern ist eine Abänderung geschehen, als nicht, wie bei den früheren Versuchen, die Gesamtstärke als Rohstärke bestimmt, sondern die Menge in I. und II. Produkt getrennt und dann die Menge derselben als wasserfreie Stärke bestimmt wurde.

Der Gang der Arbeit war folgender:

Von der zu prüfenden Kartoffelsorte wurde eine Durchschnittsprobe von genau 5 kg entnommen und in letzterer der wirkliche Stärkegehalt, das ist Stärkewert weniger Zucker, auf chemischem Wege bestimmt. Das heißt, die 5 kg Kartoffeln wurden in Scheiben geschnitten, schnell bei hoher Temperatur getrocknet, damit keine Veränderung der Stärke vor sich gehen konnte, fein gemahlen und in dem Gemahlenen der Stärkewert durch Inversion mit Salzsäure und Reduktion alkalischer Kupferlösung bestimmt. Eine andere Probe von 2 kg Kartoffeln wurde zerrieben, gepreßt und der Saft filtriert. In dem Preßsaft wurde sodann nach Saare („Die Fabrikation der Kartoffelstärke", S. 489) der Zuckergehalt der Kartoffeln bestimmt und von dem gefundenen Stärkewert abgezogen.

50 kg derselben Kartoffeln wurden in der Versuchsfabrik verarbeitet. Die fabrikmäßige Verarbeitung der Kartoffeln geschah in der Weise, daß die 50 kg durch eine scharf eingestellte Reibe geschickt wurden, und das gesamte Reibsel quantitativ gesammelt wurde. Das Reibsel wurde gesiebt und der Rückstand auf dem Mahlstein, einem Unterläufer, der Nachzerkleinerung unterworfen. Die gesamte Pülpe, welche bei dem abermaligen Sieben resultierte, wurde bis zur vollständigen Befreiung von auswaschbarer Stärke über die Siebe geschickt und, nachdem sie getrocknet war, auf den Gehalt an gebundener Stärke auf chemischem Wege untersucht. Die durch das Auswaschsieb gegangene und auf einem Feinsieb raffinierte Rohstärkemilch wurde gesammelt und durch einstündiges Absitzenlassen und Abziehen des Fruchtwassers von der abgesetzten Stärke in I. und II. Produkt getrennt. Die aus beiden Teilen schließlich gewonnene Rohstärke wurde gewaschen und in üblicher Weise gereinigt. In den beiden ersten Versuchsjahren ist der Schlamm, welcher von dem I. Produkt abgezogen wurde, mit dem II. Produkt zusammen verarbeitet, in den letzten drei Versuchsjahren jedoch ist der Schlamm von dem I. Produkt für sich gewogen. Der wirkliche Stärkegehalt des zweiten Produktes und des Schlammes ist in der Weise ermittelt, daß die Menge der Faserstoffe bestimmt und von dem Gewicht der Rohstärke in Abzug gebracht ist. Die Bestimmung der Faserstoffe ist folgende: 10 g Stärke werden mit 10 ccm Malzauszug bei 70° C. verflüssigt, dann aufgekocht, auf 60° abgekühlt und nach Zusatz von 90 ccm Malzauszug verzuckert. Die Zuckerlösung bleibt dann, mit viel Wasser verdünnt, bis zum nächsten Tage stehen. Nachdem die Faserstoffe durch Dekantieren von der darüberstehenden Flüssigkeit getrennt sind, werden sie auf ein vorher gewogenes Filter gebracht, getrocknet und gewogen. Unter Be-

rücksichtigung des Wassergehaltes wurde die Menge der wasser- und faserfreien Stärke bestimmt.

Im folgenden sollen nun die Resultate der fünfjährigen Versuche eingehender besprochen werden. Der besseren Übersicht wegen sind die Ergebnisse tabellarisch aufgezeichnet, und zwar mußten zwecks ausführlicher Besprechung sechs Tabellen aufgestellt werden. In Tabelle I bis V sind die Resultate jedes einzelnen Jahres angeführt, in Tabelle VI ist das Mittel aus den mehrjährigen Versuchen zum Ausdruck gebracht.

Aus Tabelle I ersehen wir, daß der Stärkegehalt der Kartoffeln ein sehr verschiedener ist. Nicht nur unterscheiden sich die Sorten durch ihren verschiedenen Gehalt an Stärke, auch die einzelnen Sorten selbst weisen in den verschiedenen Versuchsjahren einen ganz verschiedenen Stärkegehalt auf. Der höchste Stärkewert, welcher im Laufe der fünfjährigen Versuchsdauer bei den zwölf einer Prüfung unterzogenen Kartoffelsorten durch die Kartoffelwage festgestellt wurde, war 22,2% bei Daber, dann folgt Silesia mit 20,7 und Professor Wohltmann mit 19,6%. Den niedrigsten Stärkewert zeigten Imperator und Ceres mit 14,0%, Hero mit 14,1 und Geheimrat Thiel mit 14,4%. Auf chemischem Wege wurde der höchste Stärkewert gleichfalls bei Daber mit 21,25% konstatiert, die zweite Stelle nimmt hier aber nicht Silesia mit 20,46, sondern Professor Wohltmann mit 20,93% ein, nach Silesia kommen dann ebenfalls mit einem hohen Stärkewert Hero mit 20,49, Imperator mit 19,32 und Topas mit 19,1%. Der geringste Stärkewert wurde auf chemischem Wege bei Max Eyth mit 13,25% gefunden. Aus der Tabelle ersehen wir, daß auch bezüglich des wirklichen Stärkegehaltes, d. h. Stärkewert weniger Zucker, Daber mit einem Gehalt von 20,47% an erster Stelle steht, dahinter kommt gleich Professor Wohltmann mit 20,32, dann folgen Hero mit 20,15 und Silesia mit 20,08%. Den niedrigsten Gehalt an wirklicher Stärke zeigen Max Eyth mit 12,56, Geheimrat Thiel mit 14,26 und Hannibal mit 14,89%. Auch durch fabrikmäßige Verarbeitung wurde bei Daber die größte Menge Stärke, nämlich 21,73% gewonnen. An zweiter Stelle steht Hero mit 20,53, dann kommen Silesia mit 20,14 und Professor Wohltmann mit 19,99% fabrikmäßig gewonnener Stärke. Die kleinste Menge lieferte Max Eyth mit 12,73 und Geheimrat Thiel mit 14,45%. Der Zuckergehalt der Kartoffeln differiert zwischen 0 und 1,93%. Als frei von Zucker wurde nur ein einziges Mal eine Kartoffel angetroffen, nämlich Imperator, geringer Zuckergehalt wurde konstatiert bei Daber und Professor Wohltmann mit 0,13, Topas mit 0,18 und Hannibal mit 0,19%. Erheblicher Zuckergehalt wurde angetroffen bei Professor Maercker mit 1,14, Geheimrat Thiel mit 1,52 und Seed mit 1,93%.

So verschieden die Sorten untereinander sind, so große Verschiedenheiten weisen auch die einzelnen Sorten selbst in den verschiedenen Versuchsjahren auf: Bei Daber differiert z. B. der durch die Kartoffelwage in den 5 Jahren bestimmte Stärkewert um 5,6%, nämlich von 16,6—22,2%. Bei Silesia ist der Unterschied noch größer, nämlich 6%. Der Stärkwert schwankt hier zwischen 14,7 und 20,7%. Bei Professor Wohltmann beträgt der Unterschied etwas

Tabelle
Von 100 Ztr. Kartoffeln

Sorte	Stärkewert									
	Kartoffelwage					chemisch				
	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904
Daber	18,2	22,2	16,6	17,6	17,5	18,77	21,25	17,47	18,54	17,81
Imperator	19,0	18,4	14,0	14,8	16,0	19,32	18,50	17,13	17,07	16,43
Silesia	14,7	20,7	19,2	16,9	19,4	15,28	20,46	20,12	18,55	20,10
Thiel	16,9	—	14,4	—	17,9	17,08	—	15,18	15,63	18,20
Topas	19,0	—	14,6	15,7	18,4	19,11	—	16,07	15,90	19,00
Wohltmann	17,1	—	19,6	18,7	—	17,49	—	20,93	18,53	17,60
Eyth	16,0	—	12,5	—	—	16,57	—	18,93	13,85	—
Hero	16,3	—	18,8	—	14,1	16,58	—	20,49	—	15,21
Hannibal	15,1	—	—	—	—	15,06	—	—	—	—
Seed	—	15,7	—	—	—	—	18,64	—	—	—
Ceres	—	—	—	14,0	—	—	—	—	15,81	—
Maercker	—	—	—	17,4	—	—	—	—	18,24	—

Tabelle
Von 100 Ztr. Kartoffeln

Sorte	wasserfreie Pülpe					darin									
						wasserfreie Stärke					Prozent Stärke in wasserfreier Pülpe				
	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904
Daber	4,66	4,45	3,95	4,70	4,67	2,99	2,79	2,42	3,27	3,72	64	63	61	70	80
Imperator	3,86	3,82	2,90	3,53	3,53	2,58	2,43	1,64	2,25	2,55	67	64	57	64	72
Silesia	3,59	4,42	4,53	5,33	4,53	2,24	2,88	3,03	3,78	3,03	62	65	67	71	67
Thiel	4,40	—	4,14	4,95	5,81	2,98	—	2,37	3,78	3,13	68	—	57	64	54
Topas	4,06	—	3,37	3,83	4,65	2,78	—	1,95	2,51	2,43	68	—	58	66	52
Wohltmann	4,05	—	4,73	5,14	3,84	2,70	—	3,17	3,83	1,90	67	—	67	75	49
Eyth	3,87	—	4,27	3,94	—	2,55	—	2,79	2,54	—	66	—	66	64	—
Hero	3,62	—	4,44	—	3,68	2,25	—	2,85	—	2,30	62	—	64	—	63
Hannibal	3,8	—	—	—	—	2,21	—	—	—	—	58	—	—	—	—
Seed	3,61	—	—	—	—	2,28	—	—	—	—	63	—	—	—	—
Ceres	—	—	—	4,57	—	—	—	—	2,77	—	—	—	—	61	—
Maercker	—	—	—	5,19	—	—	—	—	3,53	—	—	—	—	68	—

I.

wurden erhalten:

Zuckergehalt					Wirklicher Stärkegehalt					Fabrikmäßig gefundene wasserfreie Stärke				
1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904
0,13	0,78	0,74	0,74	0,24	18,65	20,47	16,80	17,87	17,60	18,38	21,73	16,32	18,24	18,07
0,56	0,55	1,50	1,59	0,00	18,82	18,01	15,78	15,64	16,43	18,54	18,17	16,33	15,67	15,61
0,23	0,42	0,36	0,88	0,36	15,07	20,08	19,80	17,76	19,78	14,57	20,51	20,14	17,95	19,50
0,39	—	0,57	1,52	0,39	16,73	—	14,67	14,26	17,85	16,97	—	14,61	14,45	17,50
0,18	—	0,23	0,82	0,38	18,97	—	15,87	15,16	18,66	18,72	—	16,00	15,54	19,04
0,13	—	0,68	0,62	1,42	17,37	—	20,32	17,97	16,30	17,16	—	19,99	18,43	15,12
0,40	—	0,30	0,77	—	16,21	—	18,66	12,56	—	15,91	—	18,45	12,73	—
0,22	—	0,38	—	0,30	16,38	—	20,15	—	14,94	15,78	—	20,53	—	16,11
0,19	—	—	—	—	14,89	—	—	—	—	15,18	—	—	—	—
—	1,93	—	—	—	—	16,91	—	—	—	—	17,26	—	—	—
—	—	—	0,51	—	—	—	—	15,42	—	—	—	—	14,93	—
—	—	—	1,14	—	—	—	—	17,21	—	—	—	—	17,50	—

II.

wurden erhalten:

Stärke im														
I. Produkt					II. Produkt					Schlamm vom I. Produkt				
1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904
10,97	13,84	9,64	11,56	9,81	4,42	2,71	1,90	1,86	2,25	—	—	3,00	1,55	2,29
14,06	11,43	11,13	9,05	9,57	1,90	4,32	2,97	1,16	2,57	—	—	1,23	2,32	0,91
8,22	12,89	12,11	10,70	13,50	4,11	4,74	2,21	1,87	2,28	—	—	3,03	1,59	1,01
11,05	—	8,21	8,39	10,57	2,94	—	2,56	3,97	2,06	—	—	1,81	2,51	1,73
12,02	—	9,62	8,47	12,77	3,92	—	2,01	1,96	2,41	—	—	2,07	2,59	1,41
11,36	—	13,54	9,93	8,68	3,10	—	2,06	2,00	2,55	—	—	1,46	2,67	1,97
10,26	—	11,42	7,84	—	3,20	—	1,97	1,88	—	—	—	2,56	0,48	—
11,51	—	14,26	—	11,35	2,03	—	1,59	—	1,75	—	—	2,13	—	0,70
8,82	—	—	—	—	4,14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,27	—	—	—	—	2,71	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	8,08	—	—	—	—	2,08	—	—	—	—	1,99	—
—	—	—	9,36	—	—	—	—	1,84	—	—	—	—	2,77	—

Tabelle

Sorte	Von je 100 Ztr. Stärke in den Kartoffeln														
	in der Pülpe					im I. Produkt					im II. Produkt				
	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904
Daber . . .	16	13	14	18	20	60	64	60	63	54	24	23	10	10	12
Imperator .	14	13	10	14	16	76	63	68	63	61	10	24	15	8	16
Silesia . .	15	14	15	21	16	57	63	60	60	69	28	23	10	10	12
Thiel . . .	18	—	16	22	18	65	—	56	58	60	17	—	16	3	12
Topas . .	15	—	12	16	13	64	—	60	54	67	21	—	12	13	13
Wohltmann .	16	—	16	21	13	66	—	68	54	57	18	—	9	11	17
Eyth . . .	16	—	15	20	—	64	—	62	61	—	20	—	10	15	—
Hero . . .	14	—	14	—	14	73	—	70	—	70	13	—	7	—	11
Hannibal. .	15	—	—	—	—	58	—	—	—	—	27	—	-	—	—
Seed . . .	—	13	—	—	—	—	71	—	—	—	—	16	—	—	—
Ceres . . .	—	—	—	19	—	—	—	—	54	—	—	—	—	14	—
Maercker . .	—	—	—	20	—	—	—	—	53	—	—	—	—	11	—

Tabe

(Unter der Annahme, daß c

Die Stärke von 100 Z

Sorte	Verlust an Stärke in der Pülpe in Zentnern									
	wasserfrei					mit 20% Wasser				
	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904
Daber . .	2,9	2,3	2,7	3,2	3,6	3,6	2,9	3,4	4,0	4,5
Imperator .	2,5	2,3	1,9	2,5	2,9	3,1	2,9	2,4	3,2	3,7
Silesia . .	2,7	2,5	2,7	3,8	2,9	3,4	3,1	3,4	4,7	3,7
Thiel . .	3,2	—	2,9	4,0	3,2	4,0	—	3,6	5,0	4,0
Topas . .	2,7	—	2,2	2,9	2,3	3,4	—	2,8	3,6	2,9
Wohltmann	2,9	—	2,8	3,7	2,3	3,6	—	3,5	4,6	2,9
Eyth . . .	2,7	—	2,7	3,6	—	3,4	—	3,4	4,5	—
Hero . . .	2,5	—	2,5	—	2,5	3,1	—	2,1	—	3,1
Hannibal .	2,7	—	—	—	—	3,4	—	—	—	—
Seed . . .	—	2,3	—	—	—	—	2,9	—	—	—
Ceres . .	—	—	—	3,3	—	—	—	—	4,1	—
Maercker .	—	—	—	3,6	—	—	—	—	4,5	—

Sorte	Gewonn											
	I. Produkt											
	wasserfrei					mit 20% Wasser					waf	
	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901
Daber . .	10,8	11,5	10,6	11,3	9,7	13,5	14,4	13,3	14,1	12,1	4,3	4,2
Imperator .	13,7	11,4	12,3	11,4	11,0	17,1	14,2	15,4	14,2	13,8	1,8	4,3
Silesia . .	10,3	11,4	10,8	10,7	12,4	12,9	14,3	13,5	13,4	15,5	5,0	4,1
Thiel . .	11,7	—	10,2	10,4	10,8	14,6	—	12,8	13,0	13,5	3,1	—
Topas . .	11,5	—	10,8	9,8	12,1	14,4	—	13,5	12,2	15,1	3,8	—
Wohltmann	11,9	—	12,2	9,7	10,3	14,9	—	15,3	12,1	12,9	3,2	—
Eyth . . .	11,6	—	11,2	11,1	—	14,5	—	14,0	13,9	—	3,6	—
Hero . . .	13,1	—	12,5	—	12,6	16,4	—	15,6	—	15,8	2,3	—
Hannibal .	10,4	—	—	—	—	13,0	—	—	—	—	4,5	—
Seed . . .	—	12,8	—	—	—	—	16,0	—	—	—	—	2,9
Ceres . .	—	—	—	9,7	—	—	—	—	12,1	—	—	—
Maercker .	—	—	—	9,6	—	—	—	—	12,0	—	—	—

III.

waren Prozent										Von je 100 Ztr. gewonnener Stärke waren Prozent														
im Schlamm					zusammen					im I. Produkt					im II. Produkt					im Schlamm				
1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904
—	—	16	9	14	84	87	86	82	80	71	73	69	77	68	29	27	13	12	15	—	—	18	11	17
—	—	7	15	7	86	87	90	86	84	88	72	75	74	73	12	28	17	9	19	—	—	8	17	8
—	—	15	9	3	85	86	85	79	84	67	73	71	76	82	33	27	12	13	14	—	—	17	11	4
—	—	12	17	10	82	—	84	78	82	79	—	67	74	73	21	—	18	4	15	—	—	15	22	12
—	—	16	17	7	85	—	88	84	87	75	—	68	65	77	25	—	13	15	15	—	—	19	20	8
—	—	7	14	13	84	—	84	79	87	79	—	80	68	66	21	—	11	14	20	—	—	9	18	14
—	—	13	4	—	84	—	85	80	—	76	—	73	77	—	24	—	12	18	—	—	—	15	5	—
—	—	9	—	5	86	—	86	—	86	85	—	81	—	81	15	—	8	—	12	—	—	11	—	7
—	—	—	—	—	85	—	—	—	—	68	—	—	—	—	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	87	—	—	—	—	82	—	—	—	—	18	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	13	—	—	—	—	81	—	—	—	—	67	—	—	—	—	17	—	—	—	—	16	—
—	—	—	16	—	—	—	—	80	—	—	—	—	67	—	—	—	—	13	—	—	—	—	20	—

eln 18 % Stärke enthalten.)
eln verteilt sich wie folgt:

dukt					im Schlamm										insgesamt									
mit 20 % Wasser					wasserfrei					mit 20 % Wasser					wasserfrei					mit 20 % Wasser				
1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904
5,4	5,2	2,6	2,3	2,8	—	—	3,3	1,6	2,7	—	—	4,1	2,0	3,4	15,1	15,7	16,0	14,7	14,6	18,9	19,6	20,0	18,4	18,3
2,3	5,4	4,2	1,6	3,7	—	—	1,4	2,7	1,3	—	—	1,8	3,4	1,6	15,5	15,7	17,1	15,4	15,2	19,4	19,4	21,4	19,2	19,1
6,3	5,1	2,5	2,4	2,8	—	—	2,7	1,6	0,5	—	—	3,4	2,0	0,6	15,3	15,5	15,5	14,2	15,1	19,2	19,4	19,4	17,8	18,9
3,9	—	4,1	0,6	2,8	—	—	2,2	3,1	1,8	—	—	2,8	3,9	2,3	14,8	—	15,7	14,0	14,8	18,5	—	19,7	17,5	18,6
4,8	—	2,9	2,9	2,9	—	—	2,5	3,0	1,3	—	—	3,1	3,8	1,6	15,3	—	15,6	15,1	15,1	19,2	—	19,5	18,9	19,6
4,0	—	2,4	2,5	3,9	—	—	1,3	2,6	2,3	—	—	1,6	3,2	2,0	15,1	—	15,4	14,3	15,7	18,9	—	19,3	17,8	19,7
4,6	—	2,4	3,4	—	—	—	2,5	0,7	—	—	—	3,1	0,9	—	15,2	—	15,6	14,5	—	19,1	—	19,5	18,2	—
2,9	—	1,8	—	2,5	—	—	1,9	—	0,9	—	—	2,4	—	1,1	15,4	—	15,8	—	15,5	19,3	—	19,8	—	19,4
6,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,3	—	—	—	—	19,1	—	—	—	—
—	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,7	—	—	—	—	19,6	—	—	—
—	—	—	3,1	—	—	—	—	2,4	—	—	—	—	3,0	—	—	—	—	14,6	—	—	—	—	18,2	—
—	—	—	2,4	—	—	—	—	2,8	—	—	—	—	3,5	—	—	—	—	14,3	—	—	—	—	17,9	—

weniger, nämlich 2,5% (17,1—19,6). Bei dem durch die chemische Analyse bestimmten Stärkewert ist die größte Differenz bei Max Eyth, nämlich von 13,25 bis 18,93, d. h. 5,68%, und den kleinsten Unterschied zeigt Imperator, nämlich von 16,43—19,32, das sind 2,89%. Auch der wirkliche Stärkegehalt differiert bei Max Eyth am meisten, nämlich von 12,56—18,66, d. h. 6,10%, und am wenigsten bei Imperator, nämlich von 15,64—18,82, d. h. 3,18%. Bei der fabrikmäßig gefundenen Stärke ist der größte Unterschied bei Silesia, nämlich von 14,57—20,51 oder 5,94%, der geringste Unterschied findet sich bei Geheimrat Thiel, nämlich von 14,45—16,97 oder 2,52%. Der Zuckergehalt unterscheidet sich am meisten bei Imperator, um 1,59%, nämlich von 0—1,59, dagegen ist er bei Hero ziemlich gleichmäßig, der Unterschied beträgt nur 0,16%, nämlich von 0,22—0,38. Bezüglich des Unterschiedes zwischen dem durch die Kartoffelwage bestimmten und dem auf chemischem Wege festgestellten Stärkewert macht die Tabelle interessante Angaben. Wir sehen daraus, daß dieser Unterschied in den meisten Fällen unter 1% beträgt, oder einmal ist der Unterschied über 3% und zweimal über 2%. Sechsmal ist die Differenz über 1% und 26 mal unter 1%. Während nur viermal die Kartoffelwage mehr anzeigte, als die chemische Analyse, wurde in 31 Fällen chemisch ein höherer Stärkewert ermittelt. Der Unterschied zwischen Kartoffelwage und chemischer Analyse betrug durchschnittlich etwa 0,8%. Auch über die Differenz zwischen dem wirklichen Stärkegehalt und dem durch die Kartoffelwage bestimmten Stärkewert gibt Tabelle I Auskunft. In zwei Fällen stimmten beide Angaben überein, in fünf Fällen zeigte die Kartoffelwage mehr als 1% weniger und in 20 Fällen unter 1% weniger Stärke an, als in Wirklichkeit in den Kartoffeln enthalten war. In neun Fällen gab die Kartoffelwage mehr Stärke an, und zwar um 0,2—0,7%, in einem Falle betrug sogar die Mehrangabe der Kartoffelwage 1,7%. Im Durchschnitt jedoch zeigte die Kartoffelwage 0,3% weniger Stärke an, als wirklich vorhanden. Die alte Erfahrung ist auch durch diese Versuche wieder bestätigt, daß nämlich der Unterschied zwischen Kartoffelwage und chemischer Analyse in den meisten Fällen 1% nicht übersteigt.

Tabelle II zeigt, daß von 100 Ztr. Kartoffeln Geheimrat Thiel am meisten Pülpe gab, nämlich 5,81 Ztr., und Imperator am wenigsten, nämlich 2,9 Ztr. wasserfreie Pülpe. Die reinste Pülpe, d. h. stärkeärmste, lieferte Professor Wohltmann mit 49%, die stärkereichste Pülpe lieferte Daber mit 80% Stärke in wasserfreier Pülpe. Im Durchschnitt war der Stärkegehalt aller Pülpen 64%. Die größte Menge erstes Produkt ergab Hero mit 14,26 Ztr. von 100 Ztr. Kartoffeln; rechnen wir dazu noch die Stärke, welche aus dem Schlamm des ersten Produktes erhalten wurde, und tatsächlich auch gute Stärke ist, so lieferte Hero 14,26 + 2,13 = 16,39 Ztr. erstes Produkt. Am wenigsten erstes Produkt gab Silesia mit 8,22 Ztr. Dieselbe Kartoffel erzielte auch am meisten zweites Produkt, nämlich 4,74 Ztr. Von Imperator, welche 10,48—14,06 Ztr. erstes Produkt lieferte, wurde die geringste Menge zweites Produkt, nämlich 1,16 Ztr., erhalten. Bei den Versuchen im Jahre 1901 lieferte Imperator jedoch viel zweites Produkt, nämlich 4,32 Ztr.

Aus Tabelle III ersehen wir, daß der Verlust an Stärke in der Pülpe zwischen 10 und 22% schwankt, und zwar zeigte Imperator den geringsten und Geheimrat Thiel den höchsten Verlust. Im Durchschnitt betrug der Verlust an Stärke in der Pülpe rund 16%.

Von je 100 Ztr. Stärke in den Kartoffeln lieferte Imperator am meisten Stärke, nämlich 90%, während Geheimrat Thiel den niedrigsten Prozentgehalt gab, nämlich 78%.

Auf erstes und zweites Produkt bezogen, resultierten bei Hero am meisten, nämlich 70 + 9 = 79%, und bei Silesia am wenigsten, nämlich 57% erstes Produkt. Das geringste Quantum zweites Produkt wies Geheimrat Thiel mit 3% auf, während Silesia mit 28% die größte Menge lieferte. Sehr viel zweites Produkt gaben auch Hannibal mit 27%, Imperator und Daber mit je 24% und Topas und Max Eyth mit 21 bezw. 20%. Von je 100 Ztr. gewonnener Stärke waren bei Geheimrat Thiel im ersten Produkt 74 + 22 = 96%, bei Max Eyth 81 + 11 = 92% und bei Imperator 74 + 17 = 91% als höchste Zahl, dagegen bei Silesia 67%, bei Hannibal 68% und bei Daber 71% als niedrigste Zahl. Im Durchschnitt verblieben von 100 Ztr. gewonnener Stärke rund 83% im ersten Produkt und 17% im zweiten Produkt. Am meisten zweites Produkt gab Silesia mit 33% und Hannibal mit 32%, am wenigsten zweites Produkt lieferten Geheimrat Thiel mit 4%, Nero mit 8% und Imperator mit 9%.

Tabelle IV geht von der Annahme aus, daß alle Kartoffeln 15% Stärke enthalten. Unter Berücksichtigung dieser Voraussetzung erhalten wir dann folgendes: Den größten Verlust in der Pülpe ergibt Geheimrat Thiel mit 4,0% wasserfreier Stärke entsprechend 5,0% lufttrockener Stärke mit 20% Wasser, dann folgen Silesia mit 3,8 resp. 4,7 und Professor Wohltmann mit 3,7% wasserfreier resp. 4,6% lufttrockener Stärke. Den geringsten Verlust erhalten wir bei Imperator mit 1,9 resp. 2,4% Stärke, auch Topas mit 2,2 bezüglich 2,8 und Seed mit 2,3 bezüglich 2,9% geben relativ wenig Stärkeverlust in der Pülpe.

Bezüglich des ersten Produktes inklusive der noch aus dem Schlamm des ersten Produktes gewonnenen Stärke zeigt Tabelle IV, daß Hero am meisten erstes Produkt, nämlich 12,5 + 1,9 = 14,4 liefert, das sind in Prozent lufttrockener Stärke ausgedrückt 15,6 + 2,4 = 18% Ia Stärke aus 100 Ztr. Kartoffeln. An zweiter Stelle steht Imperator mit 11,4 + 2,7 = 14,1 wasserfreier bezüglich 14,2 + 3,4 = 17,6 Ztr. lufttrockener Stärke. An dritter Stelle steht Daber mit 10,6 + 3,3 = 13,8 Ztr. absolut trockener oder 13,3 + 4,1 = 17,4 Ztr. Stärke mit 20% Wasser. Die geringste Ausbeute an erstem Produkt liefert Silesia mit 10,3 wasserfreier bezüglich 12,9% lufttrockener Stärke und Hannibal mit 10,4 bezüglich 13,0% Stärke. An zweitem Produkt ist wieder Silesia voran, sie gibt 5,0 resp. 6,3 Ztr., nach ihr kommt Hannibal mit 4,9 resp. 6,1 Ztr. lufttrockener Stärke. Am wenigsten zweites Produkt lieferten Imperator mit 1,3 bezüglich 1,6 und Hero mit 1,4 bezüglich 1,8% Stärke. Insgesamt wurden bei Imperator mit 17,1 resp. 21,4 und bei Daber mit 16,0 resp. 20,0 Ztr. luft=

Tabelle

Stärkegehalt der Kartoffeln und wirkliche

Sorte	Stärkegehalt									
	Kartoffelwage					wirklich				
	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904
Daber	18,2	22,2	16,6	17,6	17,5	18,7	20,5	16,8	17,9	17,6
Imperator . .	19,0	18,4	14,0	14,8	16,0	18,8	18,0	15,8	15,6	16,4
Silesia . . .	14,7	20,7	19,2	16,9	19,4	15,1	20,1	19,8	17,7	19,8
Thiel	16,9	—	14,4	—	17,9	16,7	—	14,7	14,3	17,9
Topas	19,0	—	14,6	15,7	18,4	19,0	—	14,9	15,2	18,7
Wohltmann . .	17,1	—	19,6	18,7	—	17,4	—	20,3	18,0	16,3
Eyth	16,0	—	18,5	—	—	16,2	—	18,7	12,6	—
Hero	16,3	—	18,8	—	14,1	16,4	—	20,2	—	14,9
Hannibal . . .	15,1	—	—	—	—	14,9	—	—	—	—
Seed	—	15,7	—	—	—	—	16,9	—	—	—
Ceres	—	—	—	14,0	—	—	—	—	15,4	—
Maercker . . .	—	—	—	17,4	—	—	—	—	17,2	—

trockener Stärke die größte Menge Stärke aus 100 Ztr. Kartoffeln gewonnen. Die niedrigste Ausbeute erzielten Geheimrat Thiel mit 14,0 bezüglich 17,5 und Silesia mit 14,2 wasserfreier, bezüglich 17,8 Ztr. Stärke mit 20% Wasser.

In Tabelle V sind die Angaben der Kartoffelwage und der wirklich in den Kartoffeln vorhandenene Stärkegehalt nebeneinander gestellt.

Außerdem ist die gewonnene Gesamtausbeute an Stärke mit 20% Wasser in Prozenten angegeben und der Unterschied der Ausbeute gegen die Kartoffelwage und den wirklichen Stärkegehalt aufgezeichnet. Wir sehen daraus, daß die Unterschiede bei der Kartoffelwage und der wirklich erhaltenen Ausbeute zwischen + 4,6 und — 0,4 schwanken, das ist durchschnittlich um 1,37%. Die Unterschiede bei dem wirklichen Stärkegehalt und der Ausbeute an lufttrockener Stärke dagegen schwanken zwischen + 3,2 und — 0,2 und die durchschnittliche Schwankung beträgt 1,0%.

In Tabelle VI schließlich sind diejenigen Kartoffelsorten aufgeführt, welche 3 und mehr als 3mal in der fünfjährigen Versuchsperiode zur Verarbeitung kommen. Auch hier ist angenommen, daß sämtliche Sorten 18% Stärke enthalten und unter Berücksichtigung dieser Annahme sind die gefundenen Werte umgerechnet. Die Tabelle gibt die Ausbeute an feuchter Stärke mit 50% Wasser und die Ausbeute an lufttrockener Stärke mit 20% Wasser an, außerdem ist das Verhältnis von erstem Produkt zu zweitem Produkt auch in Prozenten ausgedrückt. Von den in der Tabelle angeführten 8 Kartoffelsorten steht Imperator in bezug auf gewonnene Gesamtstärke an erster Stelle. Bezüglich der Menge an erstem Produkt aber hat Hero den Vorrang vor Imperator. Während Imperator von 100 Ztr. Kartoffeln 33 Ztr. feuchte Stärke und 19,7 Ztr. trockene Stärke liefert,

V.

Ausbeute an Stärke mit 20% Wasser.

Ausbeute an Stärke mit 20% Wasser					Unterschied gegen Kartoffelwage					Unterschied gegen wirklichen Stärkegehalt				
1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904	1900	1901	1902	1903	1904
19,3	23,7	17,4	18,7	17,9	+1,1	+1,5	+0,8	+1,1	+0,4	+0,6	+3,2	+0,6	+0,8	+0,3
20,0	19,7	18,6	16,7	16,3	+1,0	+1,3	+4,6	+1,9	+0,3	+1,2	+1,7	+2,8	+1,1	−0,1
15,4	22,0	21,4	17,7	21,0	+0,7	+1,3	+2,2	+0,8	+1,6	+0,3	+1,9	+1,6	±0,0	+1,2
17,5	—	15,3	14,1	18,0	+0,6	—	+0,9	—	+0,1	+0,8	—	+0,6	−0,2	+0,1
19,9	—	17,5	16,3	20,7	+0,9	—	+2,9	+0,6	+2,3	+0,9	—	+2,6	+1,1	+2,0
18,1	—	21,3	18,3	16,5	+1,0	—	+1,7	−0,4	—	+0,7	—	+1,0	+0,3	+0,2
16,9	—	19,6	12,7	—	+0,9	—	+1,1	—	—	+0,7	—	+0,9	+0,1	—
16,9	—	22,1	—	17,3	+0,6	—	+3,3	—	+3,2	+0,5	—	+1,9	—	+2,4
16,3	—	—	—	—	+1,2	—	—	—	—	+1,4	—	—	—	—
—	18,7	—	—	—	—	+3,0	—	—	—	—	+1,8	—	—	—
—	—	—	15,2	—		—	—	+1,2	—	—	—	—	−0,2	—
—	—	—	17,5	—	—	—	—	+0,1	—	—	—	—	+0,3	—

erzielt Hero etwas weniger, nämlich 32,5 Ztr. feuchte Stärke und 19,5 Ztr. trockene Stärke. An erstem Produkt gibt Hero 15,9 Ztr. oder 82% der Gesamtausbeute und Imperator 14,9 Ztr. oder 76% der Gesamtausbeute. An Gesamtausbeute folgen dann Topas mit 32 Ztr. bezüglich 19,3 Ztr. und Daber mit 32 bezüglich 19 Ztr. An erstem Produkt aber folgt Max Eyth mit 14,2 Ztr.

Tabelle VI.

(Unter der Annahme, daß alle Kartoffeln 18% Stärke enthalten.)

100 Ztr. Kartoffeln liefern an Ausbeute pro Zentner:

Sorte	feuchte Stärke mit 50% Wasser	trockene Stärke mit 20% Wasser	davon I. Produkt	davon II. Produkt	Durchschnitt von Jahren
			Ztr. %	Ztr. %	
Imperator	33,0	19,7	14,9 = 76	4,8 = 24	5
Hero	32,5	19,5	15,9 = 82	3,6 = 18	3
Topas	32,0	19,3	13,8 = 72	5,5 = 28	4
Daber	32,0	19,0	13,5 = 71	5,5 = 29	5
Silesia	31,5	18,9	13,9 = 74	5,0 = 26	5
Wohltmann	31,5	18,9	13,8 = 73	5,1 = 27	4
Eyth	31,5	18,9	14,2 = 72	4,7 = 25	3
Thiel	31,0	18,6	13,5 = 73	5,1 = 27	4

oder 75 % der Gesamtausbeute hinter Imperator, dann kommt erst noch Silesia mit 13,9 Ztr. oder 74 % erstes Produkt und Thiel und Wohltmann mit 13,5 Ztr. und 13,8 Ztr oder 73 %, und dann erst folgen Topas mit 13,8 oder 72 % und Daber mit 13,5 Ztr. oder 71 % erstes Produkt der Gesamtausbeute.

Am wenigsten Ausbeute an Gesamtstärke hat Geheimrat Thiel mit 31 Ztr. feuchter Stärke und 18,6 Ztr. trockener Stärke gegeben. Bezüglich des zweiten Produktes endlich gaben Topas und Daber mit je 5,5 Ztr. oder 28 bezüglich 29 % der Gesamtausbeute die größte Menge zweites Produkt. Dann folgen Wohltmann und Thiel mit je 5,1 Ztr. oder 27 %, Silesia mit 5,0 oder 26 %, Imperator mit 4,8 oder 24 % und Max Eyth mit 4,7 Ztr. oder 25 % der Gesamtausbeute, und die geringste Menge zweites Produkt schließlich lieferte Hero mit 3,6 Ztr. oder 18 % der Gesamtausbeute.

Wie schon gesagt worden, können diese fünfjährigen Versuche noch nicht die Frage entscheiden, welche Kartoffelsorten für die Stärkefabrikation am zweckmäßigsten sind und welche Korrekturen an den Saareschen Ausbeutetabellen anzubringen sind. Nach diesen vorliegenden Versuchen würden die Ausbeutetabellen um etwa 1 % zu erhöhen sein; denn durchschnittlich ergeben diese Versuche 1 % mehr Ausbeute als in den Ausbeutetabellen angegeben. Das entspricht auch der Praxis, denn Saare hat schon früher selbst mitgeteilt, daß die Ausbeuten der Praxis in den meisten Fällen die Ausbeutetabellen überschritten haben.

Zu den weiteren Versuchen über die Stärkeausbeute bei verschiedenen Kartoffelarten wurden 13 verschiedene neue Sorten benutzt, nämlich die Sorten: Up to date, Stolper Witte, Fürst Bismarck, Bojar, Bohun, Sas, Record, Irene, Switez, Weiße Königin, Nelson, von Wangenheim und Brocken.

Der Gang der Arbeit war derselbe wie oben angegeben.

Die Resultate der Versuche sind in nachstehenden Tabellen zusammengestellt und im folgenden eingehender besprochen.

Tabelle VII gibt zunächst den Stärkewert nach der Kartoffelwage von Reimann und von Probe 5 an auch nach der Laufgewichtswage von Parow.

Die Angaben der beiden Kartoffelwagen stimmen ziemlich gut miteinander überein. Die größte Differenz beträgt 0,4 %. Dagegen ist die Angabe der Kartoffelwage um durchschnittlich 1,27 % niedriger als der auf chemischem Wege ermittelte wirkliche Stärkewert. Die geringste Differenz zeigt Switez mit 0,11 %, die größte Bojar mit 1,87 %, während bei den übrigen Proben die größte Abweichung von der mittleren Differenz etwa 0,4 % beträgt.

Der Zuckergehalt war bei allen Sorten ein mäßiger. Den höchsten Gehalt zeigte Up to date mit 0,99 %, den geringsten Irene mit 0,19 %.

Die stärkereichste Kartoffel war Bismarck mit 20,32 %; die stärkeärmste Irene mit 15,17 %. Bei der fabrikmäßigen Verarbeitung lieferte ebenfalls Bismarck die größte Menge und Irene die geringste Menge Stärke.

Die auf 100 Ztr. Kartoffeln berechnete Menge an wasserfreier Pülpe (Tabelle VIII) schwankt zwischen 3,46 und 5,28 Ztr. Die in dieser Pülpe noch gebliebene Stärke beträgt 2,23 (Up to date) bis 3,46 Ztr. (Switez) oder auf Prozente in wasserfreier Substanz umgerechnet blieben in der Pülpe 62,53 bis

Tabelle VII.

Nummer	Sorte	Stärkewert			Zucker	Wirklicher Stärkewert	Fabrikmäßige gefundene wasserfreie Stärke
		Kartoffelwage		chemisch			
		Reimann	Parow				
1	Up to date	15,1	--	17,36	0,99	16,47	16,53
2	Stolper Witte	16,2	—	17,91	0,74	17,17	17,61
3	Bismarck	18,8	—	20,97	0,73	20,32	20,88
4	Bojar	15,8	—	18,25	0,65	17,67	17,21
5	Bohun	15,0	14,9	16,87	0,51	16,41	16,31
6	Sas.	14,3	14,0	16,01	0,26	15,78	15,57
7	Record	15,8	15,5	17,91	0,50	17,46	17,12
8	Irene	13,5	13,3	15,34	0,19	15,17	14,76
9	Switez	17,7	17,3	18,19	0,43	17,81	18,28
10	Weiße Königin	16,4	16,8	18,16	0,93	17,32	17,50
11	Nelson	16,9	16,7	18,36	0,71	17,73	17,35
12	v. Wangenheim	15,7	15,6	17,61	0,88	16,82	16,35
13	Brocken	16,6	17,0	18,82	0,59	18,23	·17,93

Tabelle VIII.

Von 100 Ztr. Kartoffeln wurden erhalten:

Nummer.	Sorte	Wasser-freie Pülpe	In der Pülpe		Stärke im		
			wasserfreie Stärke	Prozent Stärke in wasserfreier Stärke	I. Produkt	II. Produkt	Schlamm
1	Up to date	3,46	2,23	64,64	12,07	0,61	1,62
2	Stolper Witte	4,02	2,63	65,59	12,40	0,87	1,71
3	Bismarck	4,35	2,91	67,01	15.74	1,09	1,15
4	Bojar	4,74	2,96	62,53	11,11	1,00	2,14
5	Bohun	4,44	2,85	64,29	11,51	0,96	0,99
6	Sas.	4,63	3,16	68,41	8,73	1,30	2,38
7	Record	4,27	2,92	68,34	12,13	0,43	1,64
8	Irene	4,25	2,75	64,71	9,96	0,59	1,46
9	Switez	5,28	3,46	65,47	11,92	0,92	1,98
10	Weiße Königin	4,11	2,54	66,49	13,34	0,35	1,27
11	Nelson	4,58	3,15	68,67	10,52	1,33	2,35
12	v. Wangenheim	4,32	2,90	67,15	11,34	0,51	1,60
13	Brocken	4,53	3,04	67,02	11,68	0,76	2,45

68,67% absolut trockene Stärke. Im Durchschnitt war der Stärkegehalt aller Pülpen 66,1%.

Die größte Menge I. Produkt gab Bismarck mit 15,74 Ztr.; am wenigsten Sas mit 8,73 Ztr. Die Menge des II. Produkt war verhältnismäßig gering. Am wenigsten II. Produkt gab Weiße Königin mit 0,35 Ztr., am meisten Nelson mit 1,33 Ztr. Dagegen war die vom I. Produkt abgezogene Schlammmenge ziemlich reichlich und betrug die in demselben enthaltene Stärke z. B. bei Brocken 2,45 Ztr., während die geringste Menge bei Sas mit 0,99 Ztr. zu finden ist.

Nach Tabelle IX schwankte der Verlust an Stärke in der Pülpe von 13,49% bei Up to date bis 20,29% bei Sas, bezogen auf 100 Ztr. in den Kartoffeln vorhandener Stärke und betrug im Durchschnitt 16,10%.

Tabelle IX.

Von je 100 Ztr. Stärke in den Kartoffeln waren Prozent in:

Nummer	Sorte	Der Pülpe	I. Produkt	II. Produkt	Schlamm	I., II. Produkt und Schlamm zusammen
1	Up to date	13,49	73,02	3,69	9,80	86,51
2	Stolper Witte	14,94	70,41	4,94	9,71	85,06
3	Bismarck	13,94	75,38	5,17	5,51	86,06
4	Bojar	17,20	64,56	5,81	12,43	82,80
5	Bohun	17,47	70,57	5,89	6,07	82,53
6	Sas	20,29	56,07	8,35	15,29	79,71
7	Record	17,06	70,85	2,51	9,58	82,94
8	Irene	18,63	67,48	4,00	9,89	81,37
9	Switez	18,93	65,21	5,03	10,83	81,07
10	Weiße Königin	14,51	76,23	2,00	7,26	85,49
11	Nelson	18,16	60,63	7,67	13,54	81,84
12	v. Wangenheim	17,74	69,35	3,12	9,79	82,26
13	Brocken	16,96	65,14	4,24	13,66	83,04

Die Differenzen an gewonnener Menge Stärke sind bei den verschiedenen Sorten ganz bedeutend. Es lieferte am meisten I. Produkt Weiße Königin mit 76,53%, am wenigsten Sas mit nur 56,07%. An II. Produkt lieferte am wenigsten Weiße Königin mit 2,00%, am meisten Sas mit 8,35%. Recht bedeutende Mengen Stärke waren auch in den vom I. Produkt abgezogenen Schlamm übergegangen und schwankte die Menge zwischen 6,07% (Bohun) und 15,29% (Sas).

An Stärke überhaupt lieferte in allen Produkten Up to date am meisten mit 86,51%, am wenigsten Sas mit 79,71%.

Von je 100 Ztr. gewonnener Stärke wurden nach Tabelle X bei Sas 70,34 Ztr., bei Weiße Königin dagegen 89,17 Ztr. als reines I. Produkt erhalten. Letztere Sorte lieferte auch am wenigsten II. Produkt, nämlich 2,34 Ztr., während Sas mit 10,48 Ztr. am schlechtesten abschneidet.

Tabelle X.

Von je 100 Ztr. gewonnener Stärke waren Prozent in:

Nr.	Sorte	I. Produkt	II. Produkt	Schlamm
1	Up to date	84,40	4,27	11,33
2	Stolper Witte	82,78	5,81	11,41
3	Bismarck	87,59	6,01	6,40
4	Bojar	77,96	7,02	15,02
5	Bohun	85,51	7,13	7,36
6	Sas	70,34	10,48	19,18
7	Record	85,43	3,02	11,55
8	Irene	82,93	4,91	12,16
9	Switez	80,43	6,21	13,36
10	Weiße Königin	89,17	2,34	8,49
11	Nelson	74,09	9,36	16,55
12	v. Wangenheim	84,31	3,79	11,90
13	Brocken	78,45	5,10	16,45

Tabelle XI ist unter der Annahme berechnet, daß alle Kartoffeln 18% Stärke enthalten und können wir aus ihr folgendes ersehen:

Den größten Verlust in der Pülpe gibt Sas mit 3,66% wasserfreier Stärke, entsprechend 4,57% lufttrockener Stärke mit 20% Wasser. Den geringsten Verlust haben wir bei Up to date mit 2,43% wasserfreier resp. 3,03% lufttrockener Stärke. Bezüglich des I. Produktes einschließlich der noch aus dem Schlamm gewonnenen Stärke zeigt Tabelle V, daß Weiße Königin am meisten I. Produkt lieferte, nämlich 13,72 + 1,31 = 15,03% wasserfreie Stärke gleich 17,15 + 1,64 = 18,79% lufttrockener Stärke. An zweiter Stelle steht Bismarck mit 13,57 + 0,99 = 14,56% wasserfreier Stärke oder mit 16,96 + 1,24 = 18,20% lufttrockener Stärke. Die geringste Ausbeute gibt Sas mit 10,09 + 2,75 = 12,84% wasserfreier oder mit 12,61 + 3,44 = 16,05% lufttrockener Stärke. An II. Produkt lieferte am meisten Sas mit 1,50% wasserfreier oder mit 1,88% lufttrockener Stärke; am wenigsten Weiße Königin mit 0,36% wasserfreier oder mit 0,45% lufttrockener Stärke mit 20% Wasser.

Die größte Ausbeute insgesamt lieferte Up to date mit 15,57% wasserfreier resp. 19,47% lufttrockener Stärke; die geringste dagegen Sas mit 14,34% wasserfreier resp. mit 17,93% lufttrockener Stärke.

Tabelle XII ist ebenfalls unter der Annahme berechnet, daß alle Kartoffeln 18% Stärke enthalten. Sie gibt die Ausbeute an feuchter Stärke mit 50% und die Ausbeute an lufttrockener Stärke mit 20% Wasser. Außerdem ist das Verhältnis vom I. Produkt zum II. Produkt einschließlich der Stärke im Schlamm in Prozenten ausgedrückt.

In Bezug auf gewonnene Gesamtstärke steht an erster Stelle Up to date mit 31,14% feuchter oder 19,47% lufttrockener Stärke; dann folgt Bismarck

Tabelle XI.

(Unter der Annahme, daß alle Kartoffeln 18% Stärke enthalten.)
Die Stärke von 100 Ztr. Kartoffeln verteilt sich wie folgt:

Nr.	Sorte	Verlust in der Pülpe		Gewonnen im							
				I. Produkt		II. Produkt		Schlamm		insgesamt	
		wasserfrei	mit 20% Wasser	wasserfrei	mit 20% Wasser	wasserfrei	mit 20% Wasser	wasserfrei	mit 20% Wasser	wasserfrei	mit 20% Wasser
1	Up to date . . .	2,43	3,03	13,14	16,43	0,67	0,84	1,76	2,20	15,57	19,47
2	Stolper Witte . .	2,69	3,36	12,67	15,84	0,89	1,11	1,75	2,19	15,31	19,14
3	Bismarck . . .	2,51	3,14	13,57	16,96	0,93	1,16	0,99	1,24	15,49	19,36
4	Bojar	3,10	3,88	11,62	14,52	1,04	1,30	2,24	2,80	14,90	18,62
5	Bohun	3,15	3,94	12,70	15,87	1,06	1,33	1,09	1,36	14,85	18,56
6	Sas	3,66	4,57	10,09	12,61	1,50	1,88	2,75	3,44	14,34	17,93
7	Record	3,07	3,84	12,75	15,94	0,45	0,56	1,73	2,16	14,93	18,66
8	Irene	3,35	4,19	12,15	15,19	0,72	0,90	1,78	2,22	14,65	18,31
9	Swirez	3,41	4,26	11,74	14,68	0,90	1,12	1,95	2,44	14,59	18,24
10	Weiße Königin . .	2,61	3,26	13,72	17,15	0,36	0,45	1,31	1,64	15,39	19,24
11	Nelson	3,27	4,09	10,91	13,64	1,38	1,72	2,44	3,05	14,73	18,41
12	v. Wangenheim .	3,19	3,99	12,49	15,61	0,56	0,70	1,76	2,20	14,81	18,51
13	Brocken	3,05	3,81	11,73	14,66	0,76	0,95	2,46	3,08	14,95	18,69

mit 30,98% feuchter oder 19,34% lufttrockener Stärke; an dritter Stelle steht Weiße Königin mit 30,78% feuchter oder mit 19,24% lufttrockener Stärke; die geringste Ausbeute liefert Sas mit 28,68% feuchter oder 17,93% lufttrockener Stärke. An I. Produkt gibt Weiße Königin 17,15% von 100 Ztr. Kartoffeln oder 89,1% der Gesamtausbeute an Stärke; an zweiter Stelle steht Bismarck mit 16,96% I. Produkt oder 87,6% von der Gesamtausbeute an Stärke, während Up to date mit 16,43% I. Produkt oder 84,4% noch hinter Bohun und Record steht, bei welchen 85,5 bezw. 85,4% der gesamten gewonnenen Stärke als I. Produkt erhalten wurde. Die geringste Menge I. Produkt gibt Sas mit 12,61%, entsprechend 70,3% der gewonnenen Stärke. An II. Produkt gibt Weiße Königin mit 2,09 Ztr. gleich 10,9% der gewonnenen Stärke die kleinste Menge, während Sas mit 5,32 Ztr. gleich 29,7% die größte Menge Nachprodukt aufweist.

Das Verhältnis vom I. Produkt zum Nachprodukt ist für die Verwendbarkeit einer Kartoffelsorte zur Stärkefabrikation von großer Bedeutung. Das I. Produkt wird vorzugsweise durch die großen, schweren Stärkekörner, die sich aus der Stärkemilch rasch absetzen, gebildet, während die kleineren Körner sich längere Zeit in der Flüssigkeit schwebend erhalten und im günstigsten Falle als ein minderwertiges Produkt gewonnen werden, häufig aber mit dem Frucht- und Waschwasser verloren gehen. Nach Tabelle XII. würde sich zur Verarbeitung

Tabelle XII.

(Unter der Annahme, daß alle Kartoffeln 18% Stärke enthalten.)

100 Ztr. Kartoffeln liefern an Ausbeute in Zentnern:

Nr.	Sorte	Feuchte Stärke mit 50% Wasser	Trockene Stärke mit 20% Wasser	Davon I. Produkt Ztr. %	Davon II. Produkt und Schlamm Ztr. %
1	Up to date	31,14	19,47	16,43 = 84,4	3,04 = 15,6
2	Stolper Witte	30,62	19,14	15,84 = 82,8	3,30 = 17,2
3	Bismarck	30,98	19,36	16,96 = 87,6	2,40 = 12,4
4	Bojar	29,80	18,62	14,52 = 78,0	4,10 = 22,0
5	Bohun	29,70	18,56	15,87 = 85,5	2,69 = 14,5
6	Sas	28,68	17,93	12,61 = 70,3	5,32 = 29,7
7	Record	29,86	18,66	15,94 = 85,4	2,72 = 14,6
8	Irene	29,30	18,31	15,19 = 82,9	3,12 = 17,1
9	Switez	29,18	18,24	14,68 = 80,5	3,56 = 19,5
10	Weiße Königin	30,78	19,24	17,15 = 89,1	2,09 = 10,9
11	Nelson	29,46	18,41	13,64 = 74,1	4,77 = 25,9
12	v. Wangenheim	29,62	18,51	15,61 = 84,3	2,90 = 15,7
13	Brocken	29,90	18,69	14,66 = 78,4	4,03 = 21,6

auf Stärke am besten eignen Weiße Königin mit 89,1% I. Produkt, Bismarck mit 87,6%, Bohun mit 85,5% und Record mit 85,4% I. Produkt. Am wenigsten günstig wäre die Verarbeitung von Sas, welche Sorte nur 70,3% I. Produkt, dagegen 29,7% eines minderwertigen Produktes liefert.

Bei einem Ausbeuteversuch an einer sehr stärkereichen Kartoffel wurden folgende Zahlen erhalten:

Die Kartoffeln enthielten sehr viele Stockflecken und waren mit der Bunt- oder Eisenfleckigkeit behaftet.

Der mikroskopische Befund ergab:

Große Stärkekörner	7,5%
Mittlere „	16,5 „
Kleine „	76,0 „

Eine zum Vergleich herangezogene Daberkartoffel ergab:

Große Stärkekörner	5,0%
Mittlere „	19,0 „
Kleine „	76,0 „
Der durch die Kartoffelwage ermittelte Stärkegehalt war	25,3 „
Der sich daraus ergebende Trockensubstanzgehalt der Kartoffel	31,1 „

Die chemische Untersuchung der Kartoffeln und des Kartoffelsaftes ergab:

Trockensubstanz . . . . 31,52 %
Stärkewert . . . . 26,26 „
Zuckergehalt . . . . 1,08 „
(= 0,97 % Stärkewert).
Mithin wirklicher Stärkegehalt der Kartoffeln . . . . 25,29 „

Die fabrikmäßige Verarbeitung von 1 Ztr. Kartoffeln ergab:

Wasserfreie Pülpe . . . . 3113,32 g
Darin Stärke . . . . 2334,06 „
Wasserfreie Stärke im ersten Produkt 7723,53 „
Wasserfreie Stärke im zweiten Produkt 1493,51 „
Wasserfreie Stärke im Schlamm . . 2334,06 „

Fabrikmäßig festgestellte Stärke in 1 Ztr. Kartoffeln = 12 583,76 g oder 25,17 %.

Differenz zwischen dem chemisch festgestellten und dem fabrikmäßig bestimmten Stärkegehalt = 25,29 — 25,17 = 0,12 %.

Auf die Praxis übertragen, ergeben sich folgende Zahlen:

Aus 100 Ztr. Kartoffeln wurden erhalten:

Analytisch bestimmter Stärkewert in der Kartoffel	Zuckergehalt	Wirklicher Stärkegehalt	Fabrikmäßig gefundene wasserfreie Stärke	Wasserfreie Pülpe	In der Pülpe	
					wasserfreie Stärke	Prozentstärke in wasserfreier Pülpe
%	%	%	%	%	%	%
26,26	1,08	25,29	25,17	6,23	4,67	74,96

Von je 100 Ztr. Stärke in den Kartoffeln waren:

In der Pülpe	Im ersten Produkt	Im zweiten Produkt	Im Schlamm
%	%	%	%
19,0	61,0	12,0	8,0

Von je 100 Ztr. gewonnener wasserfreier Stärke waren:

Im ersten Produkt	Im zweiten Produkt	Im Schlamm
%	%	%
75,0	15,0	10,0

Von 100 Ztr. Kartoffeln wurden erhalten Stärke mit 20 % Wasser:

Im ersten Produkt	Im zweiten Produkt	Im Schlamm
Ztr.	Ztr.	Ztr.
19,3	3,7	2,6

Insgesamt wurden also erhalten Handelsstärke mit 20 % Wasser:

19,3 + 3,7 + 2,6 = 25,6 Ztr. Stärke.

Diese Ausbeute entspricht nach den von Saare aufgestellten Ausbeutetabellen einer guten Verarbeitung der Kartoffeln.

In einer Naßstärkefabrik mit einer Leistung von 250 Ztr. Kartoffeln in 10 Stunden wurde auf folgende Weise ein Stärkeausbeuteversuch angestellt:

In 8stündiger Arbeitszeit wurden verrieben 213,6 Ztr. ungewaschene Kartoffeln.

Der Schmutzprozentgehalt der Kartoffeln wurde in der Weise ermittelt, daß zu wiederholten Malen je 60 kg ungewaschne Kartoffeln gut gewaschen und dann wieder gewogen wurden.

Der Schmutzprozentgehalt der Kartoffeln betrug bei

	Ungewaschen:	Gewaschen:	Schmutzprozent
Probe 1	60 kg	54 kg	10,0
„ 2	60 „	55 „	8,3
„ 3	60 „	57,5 „	4,2
„ 4	60 „	57,5 „	4,2
„ 5	60 „	57,5 „	4,2

Der durchschnittliche Schmutzprozentgehalt der Kartoffeln ist demnach

$$\frac{10 + 8,3 + 4,2 + 4,2 + 4,2}{5} = \frac{30,9}{5} = 6,18 \text{ oder rund } 6,2.$$

Das heißt 213,6 Ztr. ungewaschene Kartoffeln entsprechen 200,4 Ztr. gewaschnen Kartoffeln. Zur Bestimmung der an den Kartoffeln haftenden äußeren Feuchtigkeit wurden 57,5 kg gewaschene Kartoffeln bis zum nächsten Tage an der Luft trocknen gelassen und dann wieder gewogen.

57,5 kg gewaschene Kartoffeln gaben 55,0 kg lufttrockene Kartoffeln. Das heißt, die äußere Feuchtigkeit der Kartoffeln betrug 4,3 %. 200,4 Ztr. gewaschene Kartoffeln entsprechen demnach 191,8 Ztr. lufttrockene Kartoffeln. Es kamen also in Wirklichkeit statt 213,6 Ztr. ungewaschene Kartoffeln 191,8 Ztr. reine, lufttrockene Kartoffeln zur Verarbeitung.

Der Stärkegehalt der „Silesia“-Kartoffeln wurde mittelst der Kartoffelwage nach Parow wiederholt festgestellt. Der Stärkegehalt betrug:

18,0 %
19,0 „
20,5 „
19,5 „
19,5 „

Der durchschnittliche Stärkegehalt der Kartoffeln war demnach

$$\frac{18 + 19 + 20,5 + 19,5 + 19,5}{5} = \frac{96,5}{5} = 19,3\,\%.$$

Die Verarbeitung der Kartoffeln geschah in der Weise, daß die Kartoffeln auf einer Sägeblattreibe mit Compoundeinsatz verrieben wurden.

Das Reibsel wurde über einen 6 m langen Bürstenzylinder geschickt, aus welchem die Rohstärkemilch, nachdem sie ein Raffiniersieb passiert hatte, in niedrige

Absatzbassins gelangte, aus denen sie, nachdem das Fruchtwasser abgelaufen war, in einen Waschquirl übergestochen wurde. Aus dem Waschquirl wurde die gewaschene Stärke nach dem Ablassen des Wassers und dem Abschlemmen in gewogene Säcke gebracht und gewogen. Die mit abgeschlemmte Stärke gelangte über ein Schlammsieb auf die Schlammtafeln und wurde nach dem Absetzen gleichfalls in gewogene Säcke gebracht und gewogen.

Die Pülpe gelangt aus dem Bürstenzylinder in eine kleine Grube, aus welcher sie mittelst Pumpe nach der Pülpegrube gedrückt und dort gewogen wurde.

Die Abwässer aus den Absatzbassins flossen über eine Außengrube auf Rieselwiesen.

Der Wassergehalt der Stärke, die auswaschbare Stärke und die gebundene Stärke in der Pülpe sind im Laboratorium der Versuchsanstalt bestimmt worden. Der Stärkegehalt der in den aus den Absatzbassins abfließenden Abwässern wurde an Ort und Stelle in der Weise festgestellt, daß die in einem bestimmten Quantum Abwasser enthaltene Stärkemenge ermittelt und unter Zugrundelegung dieser ermittelten Stärkemenge die in dem Gesamtabwasser enthaltene berechnet wurde.

Das Resultat der oben beschriebenen Ausbeutebestimmung war folgendes:

Es wurden gewonnen:

2650,65 kg Stärke mit 49,34 % Wasser
141,55 „ „ „ 50,75 „ „

Auf Stärke mit 50 % Wasser umgerechnet ergaben:

2650,65 kg mit 49,34 % Wasser = 2668,15 kg
141,55 „ „ 50,75 „ „ = 140,50 „

so daß insgesamt gewonnen wurden

2808,65 kg Stärke mit 50 % Wasser.

Diese 2808,65 kg feuchte Stärke resultierten aber aus 191,8 Ztr. verarbeiteten Kartoffeln, oder 100 Ztr. lieferten 1464,36 kg feuchte Stärke oder 29,3 Ztr.

Die Pülpe wurde in einen gewogenen Kasten aufgefangen und nach Feststellung des Gewichts aus dem Kasten in die Pülpengrube entleert.

Es wurden erhalten 94 Kasten mit Pülpe. Das Gewicht des leeren Kastens betrug 25,0 kg. Das Gewicht des Kastens mit Pülpe betrug:

I. = 112,0 kg
II. = 116,0 „
III. = 115,5 „
IV. = 112,5 „
V. = 114,0 „

Das durchschnittliche Gewicht des mit Pülpe befüllten Kastens betrug

$$\frac{112 + 116 + 115{,}5 + 112{,}5 + 114{,}0}{5} = \frac{570{,}0}{5} = 114{,}0 \text{ kg oder,}$$

nach Abzug der leeren 5 Kasten, waren erhalten 94 × 89 kg = 8366 kg frische Pülpe.

Da 191,8 Ztr. Kartoffeln verarbeitet waren, so gaben demnach 100 Ztr. Kartoffeln 4360 kg = 87,2 Ztr. frische Pülpe. Nach Saare geben 100 Ztr. Kartoffeln im Durchschnitt 75 Ztr. frische Pülpe.

Der analytische Befund der Pülpe ergab 5,73 % Trockensubstanz, 0,46 Ztr. auswaschbare feuchte Stärke aus 100 Ztr. Kartoffeln und 67,72 % wasserfreie Stärke in der Pülpetrockensubstanz.

Auf feuchte Stärke umgerechnet verblieben also in der Pülpe:

An auswaschbarer Stärke 44,11 kg
„ gebundener „ 649,00 „

(Da die Pülpe 5,73 % Trockensubstanz und in der Trockensubstanz 67,72 % wasserfreie Stärke, so sind in 8366 kg Pülpe 479,5 kg Trockensubstanz mit 324,5 kg wasserfreier oder 649,0 kg Stärke mit 50 % Wasser enthalten.)

Aus den Absatzbassins flossen stündlich 8 cbm Abwasser fort. Da 8 Stunden gearbeitet wurde und das Abwasser kontinuierlich abfloß, so liefen 64 cbm Wasser in die Außengrube. In 48 l Abwasser waren enthalten 22 g feuchte Stärke, in 1 cbm demnach

$$\frac{22\,000}{48} = 458 \text{ g.}$$

In 64 cbm $64 \times 458 = 29\,312$ g oder 29,3 kg feuchte Stärke. Im ganzen wurden durch die fabrikmäßige Verarbeitung gefunden:

Als gewonnene Stärke	2808,65 kg	feuchte	oder	1404,33 kg	wasserfreie	Stärke
„ auswaschbare „	44,11 „	„	„	22,06 „	„	„
„ gebundene „	649,00 „	„	„	324,50 „	„	„
„ fortgeflossene „	29,31 „	„	„	14,66 „	„	„
Zusammen	3531,07 kg	feuchte	oder	1765,55 kg	wasserfreie	Stärke

Nach dem durch die Kartoffelwage bestimmten Stärkegehalt hätten gefunden werden müssen $191,8 \times 19,3 = 3701,75$ Pfd. oder 1850,88 kg wasserfreie Stärke.

Es sind also weniger gefunden $1850,88 - 1765,55 = 85,33$ kg Stärke oder 4,61 % auf Gesamtstärke berechnet. 1765,55 kg wasserfreie Stärke in 191,8 Ztr. Kartoffeln entsprechen 920 kg Stärke in 100 Ztr. Kartoffeln, oder mit anderen Worten: Durch fabrikmäßige Verarbeitung wurde der Stärkegehalt der Kartoffeln, welcher nach der Kartoffelwage 19,3 % betrug, mit 18,4 % ermittelt. Die Differenz beträgt demnach 0,9 %. Da der Zuckergehalt der Kartoffeln nicht festgestellt worden ist, und es nicht ausgeschlossen erscheint, daß die Kartoffeln zuckerhaltig waren, so dürfte sich die Differenz noch um etwas verringern, so daß die Methode der Ausbeutebestimmmung als richtig bezeichnet werden kann.

Die Ausführung solcher Ausbeutebestimmungen in der Praxis ist nicht nur wichtig bei vorkommenden Differenzen zwischen Auftraggeber und Lieferanten, sie ist sowohl für den Stärkefabrikanten, als auch für den Erbauer der Stärkefabrik wichtig. Für den ersteren, um sich ein Bild von seiner Ausbeute und demzufolge von der Betriebsführung in seiner Fabrik zu verschaffen, für den

letzteren, um sich von der Leistungsfähigkeit der von ihm erbauten Fabrik zu überzeugen und sich Grenzzahlen über die Höhe etwa von ihm zu leistender Ausbeutegarantien zu verschaffen.

Das Betriebswasser.

Als Betriebswasser bezeichnet man das Waschwasser und das Kesselspeisewasser. Die Menge des Betriebswassers schwankt zwischen 50 und 120 cbm auf 100 Ztr. Kartoffeln. Naßstärkefabriken brauchen nach Saare 50—70 cbm, Trockenstärkefabriken 70—120 cbm.

Die Menge des Kesselspeisewassers beträgt davon ca. 1—2 cbm pro 100 Ztr. Kartoffeln. Das Waschwasser verteilt sich nach Saare auf die einzelnen Stationen wie folgt:

Es werden gebraucht auf 100 Ztr. Kartoffeln

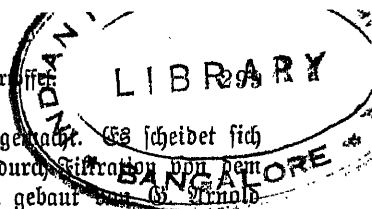
	Kleine Naßstärkefabriken	Mittlere Trockenstärkefabriken
für Kartoffelwaschwasser .	10 cbm	30 cbm
„ Reibe und Siebe . .	35 „	50 „
„ Stärkewaschwasser . .	5 „	15 „

Das Betriebswasser muß vor allen Dingen rein, farb- und geruchlos und frei von Eisen sein, da andernfalls nicht genügend reine, weiße, gut absitzende Stärke gewonnen wird. Ein Wasser mit hohem Eisengehalt, reich an Produkten der fauligen Zersetzung organischer Stoffe und reich an leicht zersetzlicher organischer Substanz ist als Stärkewaschwasser ungeeignet. Als Kesselspeisewasser ist ein weiches Wasser notwendig, sauer reagierendes oder Chlormagnesiumhaltiges und auch stark salpetrigsaures Wasser ist als Kesselspeisewasser unbrauchbar, da es den Kessel stark angreift. Über Beschaffenheit usw. des Betriebswassers siehe Untersuchung des Wassers auf Seite 114 u. ff.

Ein normales Wasser hat ungefähr folgende Zusammensetzung:

Rückstand	ca.	40—60 g im hl
Kalk CaO	„	12 „ „ „
Magnesium MgO	„	2 „ „ „
Schwefelsäure SO_3	„	6 „ „ „
Kohlensäure CO_2	„	10 „ „ „
Chlor	„	6 „ „ „
Ammoniak NH_3	„	0 „ „ „
Salpetrige Säure N_2O_3	„	0 „ „ „
Salpetersäure N_2O_5	„	0 „ „ „
Aluminum und Eisen $M + Fe_2O_3$	„	0,5 „ „ „
Org. Substanz	„	1 „ Kaliumpermanganat $KMnO_4$

Ist der Kalk an SO_3, N_2O_5 und Chlor gebunden, so hat das Wasser eine bleibende Härte, ist der Kalk an CO_2 gebunden, so hat das Wasser eine temporäre Härte. Eisenhaltiges Wasser ist vor dem Gebrauch zu enteisenen. In besonderen Enteisenungsapparaten wird durch die Einwirkung des Sauerstoffes der



Luft das im Wasser löslich vorhandene Eisen unlöslich gemacht. Es scheidet sich in den Apparaten aus dem Wasser aus und wird dann durch Filtration von dem Wasser getrennt. Solche Enteisenungsapparate werden gebaut von G. Arnold & Schirmer, Berlin (Patent Piefke); Bräuer, Halensee; Büttner, Nordingen a./Rh.; Oesten, Berlin u. a.

Kraftverbrauch in Kartoffel-Stärkefabriken.

Den Kraftverbrauch einzelner Arbeitsmaschinen kann man durch Brems-, Indikatorversuche oder durch elektrische Energie feststellen.

Bei Feststellung des Kraftverbrauchs durch Bremsversuche bedient man sich verschiedener Apparate, die man allgemein mit dem Ausdruck „Bremsdynamometer" bezeichnet. Das Prinzip dieser Apparate beruht darauf, daß die von einer Maschine geleistete Arbeit durch Reibung und Wärmeentwicklung verbraucht wird und nach der Größe der erforderlichen Reibung die geleistete Arbeit berechnet wird. Diese Methode gibt sichere und richtige Resultate, da der Kraftverbrauch direkt in Meterkilogrammen erscheint und aus diesen umgerechnet die effektiven Pferdestärken sich ergeben.

Zur Ausführung von Bremsversuchen müssen umfangreiche und in vielen Fällen schwer ausführbare Vorbereitungen getroffen werden, die Betriebsstörungen nicht vermeiden lassen und wird aus diesem Grunde diese Methode selten angewendet.

In den meisten Fällen wird der Kraftverbrauch durch Indikatorversuche an der Betriebsdampfmaschine festgestellt. Bei dieser Methode, die leicht ausführbar ist, erhält man als Resultat nicht die wahren effektiven Pferdestärken, sondern nur die sogenannten indizierten Pferdestärken. Durch Umrechnung lassen sich mit hinreichender Genauigkeit die wirklich verbrauchten effektiven Pferdestärken feststellen.

Um den Kraftverbrauch einer einzelnen Maschine oder einer Gruppe von Maschinen festzustellen, nimmt man zuerst die Diagramme bei voller Belastung der Dampfmaschine mit allen Arbeitsmaschinen unter genauer Beobachtung der Umdrehungszahlen der Dampfmaschine, rückt man diejenige Maschine, deren Kraftverbrauch man feststellen will, aus und nimmt dann ein neues Diagramm wieder bei gleicher Umdrehungszahl der Dampfmaschine. Die Differenz der aus diesen Diagrammen berechneten Pferdestärken stellt nun den Kraftverbrauch der einzelnen Maschinen, die gemessen werden sollten, nach Berechnung in Pferdestärken, dar. Die Versuche können natürlich auch in der umgekehrten Weise gemacht werden, so daß man zuerst Leerlauf-Diagramme nimmt und dann die einzelnen Maschinen, deren Kraftverbrauch festgelegt werden soll, der Reihe nach einrückt. Damit möglichst genaue Resultate erzielt werden, muß für jede einzelne Maschine eine Reihe von Diagrammen aufgenommen und das Durchschnittsresultat der Berechnung zugrunde gelegt werden. Die Ausführung solcher Versuche kann natürlich nur durch technische Sachverständige erfolgen.

Die Kraftmessungen durch Elektrizität geben außerordentlich sichere Resultate,

können jedoch nur in Betrieben in Anwendung kommen, in denen elektrische Energie eingebaut ist. Der Kraftverbrauch einer elektrisch angetriebenen resp. zur Untersuchung vorbereiteten Maschine ergibt sich durch direkte Ablesung von den Instrumenten am Elektromotor (Voltmeter und Ampèremeter). Das Produkt der Ablesungen vom Voltmeter und Ampèremeter, bezeichnet mit „Watt", dividiert durch 660 ergibt den Kraftverbrauch der Maschine in Pferdestärken.

Für den Kraftverbrauch in Kartoffel-Stärkefabriken sind von Saare durch Versuche folgende Zahlen festgestellt worden:

Es verbrauchten an indizierten Pferdestärken:

			Reibarbeit
Die Sägeblattreibe belastet	. . . . . .	1,62 Pf.	
leer	. . . .	0,83 „	0,79 Pf.
Flügelreibe mit Kartoffeln belastet	. . .	4,21 „	
leer	. . . .	0,75 „	3,45 „
mit Reibsel belastet	. .	3,08 „	
leer	. . . .	0,75 „	2,33 „

1. Leere Transmission und 2 Rührwerke (Schlammquirl).	5,73 Pf.	
Es erfordert also:		
2. bei 1 + Zentrifugalwasserpumpe	12,11 Pf.	
die Wasserpumpe		6,38 Pf.
3. bei 2 + Kartoffelwäsche	13,61 Pf.	
die Kartoffelwäsche		1,50 „
4. bei 3 + Sägeblattreibe	15,09 Pf.	
die Sägeblattreibe		1,48 „
5. bei 4 + 2 Pumpen, 2 Auswaschsiebe und Mahlgang	17,86 Pf.	
die 2 Pumpen, 2 Auswaschsiebe und Mahlgang		2,77 „
6. bei 5 + 2 Schüttelsiebe und 2 dazugehörigen Pumpen	18,39 Pf.	
die 2 Schüttelsiebe und 2 Pumpen		0,53 „
7. bei 6 + 1 Zentrifuge und 1 Pumpe	26,55 Pf.	
die Zentrifuge beim Anlassen		8,16 „
8. bei 7 + Stärkemühle (n. angelassener Zentrifuge)	27,60 Pf.	
die Stärkemühle		1,05 „

Der Verfasser hat in einer Kartoffel-Stärkefabrik, welche stündlich ca. 50 Ztr. Kartoffeln verarbeitet, zusammen mit Herrn Professor Goslich und Herrn Fabrikbesitzer Wagener-Cüstrin, dem Erbauer der betreffenden Fabrik, eingehende Versuche ausgeführt. Die Kraftmessungen wurden durch Indizierung der Betriebsdampfmaschine vorgenommen und ergaben folgende Resultate:

1. Kartoffelwäsche: 6000 mm Waschlänge und 1000 mm Breite mit Rädervorgelege	3,25 PSi.
2. Sägeblattreibe von 500 mm Trommeldurchmesser und 620 mm Breite mit Reibeblech unter der Trommel voll belastet	8,14 „
3. Reibselpumpe mit Vorgelege	1,04 „

4. 2 Zylindersiebe (Bürstenhalbzylinder) je 700 mm Durchmesser und 6000 mm Länge mit Antriebsvorgelege	2,00	PSi.
5. 1 Breimahlgang mit Trachytsteinen von 1100 mm	6,17	„
6. 1 rotierende Stärkemilchpumpe	0,36	„
7. 4 Raffinier-Schüttelsiebe	1,31	„
8. 1 Zentrifuge von 900 mm Trommeldurchmesser		
beim Anlassen	8,35	„
in der Mitte des Betriebes	4,13	„
im vollen Betriebe	1,66	„
9. 7 Aufwaschquirlbottiche (hölzerne Kippquirl à 7000 l Inhalt) mit Antriebstransmission	3,50	„
10. Wasserpumpe	4,18	„
11. Pülpestation bestehend aus einer Pülpepumpe, 2 Schmidtschen Pülpepressen und einer kleinen Rotationspumpe für die ablaufende Milch von den Pressen	3,51	„
12. Schlammstation bestehend aus: 1 Schlammpumpe, 1 Schlamm-Quirlbottich und einem Schlamm-Schüttelsieb inkl. Antriebsvorgelege	4,99	„
13. Trockenapparat (Tuch ohne Ende) mit Stärkemühle, Stärkeelevator, einer Schnecke und Sichtmaschine	4,57	„
14. Die vorhandene elektrische Beleuchtungsanlage	6,49	„

Der durchschnittliche Kraftverbrauch während des vollen Betriebes aus 8 Diagrammen ermittelt betrug . . . . . 46,35 PSi.

Der maximalste Verbrauch am Versuchstage . . . . . 54,02 „

Der Leerlauf der Anlage mit Transmissionen erforderte . 13,99 „

Für die Berechnung des ungefähren Kraftverbrauches der einzelnen zum Betriebe einer Kartoffel-Stärkefabrik erforderlichen Maschinen können folgende Formeln benutzt werden, die natürlich nur für generelle Berechnungen Gültigkeit haben und je nach speziellen Verhältnissen korrigiert werden müssen.

Es bedeutet:

K Der Kraftverbrauch bei normaler Beanspruchung in PS.
d Der Durchmesser in Metern,
b Die Breite „ „
l Die Länge „ „
q Die Fläche in qm,
L Die Stundenleistung,
h Die Hubhöhe,
x einen Erfahrungskoeffizienten,
$\pi = 3{,}14$,

Kartoffelwäsche:

$$\text{Kraftverbrauch } K = 0{,}8 \cdot b^2 \cdot \frac{1}{2}.$$

Reiben:

$$\text{Kraftverbrauch } K = \frac{d^2 \pi}{4} . b . x.$$

Tabelle für x

	Leistung der Reibe mit Kartoffeln	mit Brei
a) bei Sägeblattreiben mit wirksamen Reibeklötzen und unter der Trommel befindlichem Reibemantel . .	x = 120	x = 85
b) dieselbe Reibe ohne Mantel	x = 105	x = 75

Zylindersiebe (Halb-Bürstenzylinder).

$$K = \frac{d^4 \pi}{4} . 0{,}48 . l.$$

Schüttelsiebe mit Antriebsvorgelege.

K = 0,12 bis 0,15 q.
q = Fläche des Siebrahmens.

Quirlbottiche mit Antriebstransmission.

$$K = \frac{d^2 \pi}{4} . 0{,}08 \text{ bis } 0{,}1.$$

Brei-Mahlgang.

$$K = \frac{d^2 \pi}{4} . L . x$$

x = 0,8	bei Steinen von	1,40—1,50	m Durchmesser
x = 0,10	„ „ „	1,25—1,40	„ „
x = 0,12	„ „ „	1,00—1,25	„ „
x = 0,14	„ „ „	0,90—1,00	„ „
x = 0,16	„ „ „	0,80—0,90	„ „
x = 0,20	„ „ „	0,70—0,80	„ „
x = 0,23	„ „ „	0,50—0,70	„ „

Pülpe-Station

bestehend aus einer Pülpepumpe und einer Schmidtschen Pülpepresse
K = 0,08 L.

Schlamm-Station

bestehend aus einer Schlammpumpe, einem Schlammquirl und einem Schlamm-Schüttelsieb mit Antriebsvorgelegen

$$K = \frac{d^2 \pi}{4} . q . x$$

hierin: d = Durchmesser des Schlammquirls,
q = Fläche des Schüttelsiebrahmens,
x = Erfahrungs-Coeffizient.

Verarbeitung bis	100	Ztr.	täglich	$x = 1{,}75$
„ „	200	„	„	$x = 1{,}50$
„ „	300	„	„	$x = 1{,}25$
„ „	500	„	„	$x = 0{,}95$
„ „	750	„	„	$x = 0{,}60$
„ „	1000	„	„	$x = 0{,}48$
„ „	2000	„	„	$x = 0{,}40$
„ „	3000	„	„	$x = 0{,}36$

Elevatoren.

$$K = \frac{L \cdot h}{800} \cdot x.$$

$x = 1$ für gewaschene Kartoffeln,
$x = 0{,}65$ für Zentrifugenstärke,
$x = 0{,}40$ für trockene Stärke.

Schnecken.

$$K = \frac{d^2}{4} \cdot \frac{l}{4} \cdot x \cdot L.$$

d = Durchmesser der Schnecke,
l = Länge der Schnecke,
L = Stundenleistung,
$x = 0{,}12$ bei Fingerschnecken zum Kartoffel-Transport,
$x = 0{,}20$ beim Transport ausgestochener Stärke,
$x = 0{,}08$ „ „ zentrifugierter „
$x = 0{,}05$ „ „ trockener „

Pumpen.

Der Kraftbedarf der Pumpen ist abhängig außer dem zu fördernden Flüssigkeitsquantum von der Förderhöhe, der Länge der Saug- und Druckleitung, sowie von den Rohrdimensionen, dem spezifischen Gewicht der zu fördernden Flüssigkeit und von der Bauart der Pumpe selbst. Derselbe beträgt

$$K = \frac{Q \cdot h}{75 \cdot 60} \cdot x \cdot y$$

hierin: Q = das pro Minute zu hebende Flüssigkeitsquantum,
h = die Förderhöhe,
x = der Wirkungsgrad der Pumpe,
y = das spezifische Gewicht der Flüssigkeit.

Man kann rechnen bei Wasserpumpen mit Scheibenkolben:
$x = 1{,}30$ bei besonders gut gebauten Pumpen,
$x = 1{,}40$—$1{,}50$ bei normaler Ausführung und
$x = 1{,}60$ bei gewöhnlicher Ausführung.

Für Pumpen mit Plungerkolben kann man die obigen Werte noch um ca. 20% erhöhen, da durch die Stopfbuchsreibung ein vermehrter Kraftverbrauch erforderlich ist.

y beträgt für Wasser	1.
y beträgt für Stärkemilch	1,007 = 1° Bé. 1,015 = 2° Bé. 1,022 = 3° Bé. 1,029 = 4° Bé. 1,036 = 5° Bé. 1,043 = 6° Bé.
y beträgt für Pülpe	1,030
y beträgt für Reibsel	1,090

Zentrifugen.

Der Kraftverbrauch richtet sich nach dem Durchmesser, der Umdrehungszahl und der Füllung. Nach Alb. Fesca ist der Kraftverbrauch folgender:

Nr.	Durchmesser der Schleudertrommel in mm	Umdrehungen der Schleudertrommel pro Min.	Füllung in kg	Kraftverbrauch PS
1	800	1100	75	2
2	850	1050	90	2½
3	900	1000	130	3
4	950	975	170	3½
5	1000	950	210	4.

Trocken=Apparate,

als Tuch ohne Ende mit Stärkemühle, Schnecken, Elevatoren und Sichtmaschinen. Zur Herstellung von Trockenstärke aus einer Tagesverarbeitung von:[1])

200 Ztr. Kartoffeln	Kraftbedarf	=	3,75 PS.
300 „ „	„	=	4,5 „
500 „ „	„	=	5,5 „
750 „ „	„	=	7,5 „
1000 „ „	„	=	9,0 „
2000 „ „	„	=	12,0 „
3000 „ „	„	=	16,0 „

Transmissionen.

Die Leerlaufarbeit der Transmission kann nur nach der jeweiligen Situation bestimmt werden, generell kann man annehmen, daß die Transmission bei guter Lagerung und guter Ausführung mit Ringschmierung ca. 6—8% des gesamten Kraftbedarfes der Fabrik ausmachen dürfte.

Aus den vorstehenden Angaben ist man in der Lage den ungefähren Kraftbedarf einer landwirtschaftlichen Stärkefabrik berechnen zu können. Derselbe

[1]) Nach Angabe von A. Aston, Burg b. Magdeburg.

würde z. B. betragen für eine Naß-Stärkefabrik, die in der Tagschicht 250 Ztr. Kartoffeln verarbeitet:

1. Kartoffelwäsche 0,850 breit und 4,00 m lang
   $K = 0{,}8 \,.\, 0{,}85^2 \,.\, 2$ . . . . 1,12 PS.
2. Sägeblattreibe nach a Durchmesser der Trommel 0,40, Breite 0,20 m
   $K = \frac{0{,}4^2\,\pi}{4} \,.\, 0{,}2 \,.\, 1{,}20$ . . . . 3,02 „
3. 2 Reibselpumpen, mit Betriebsvorgelege, welche das Reibsel von der Vor- und Nachreibe nach den Zylindersieben fördern. Für die Vorreibe rechnet man, wenn dieselbe mit Spritzrohr arbeitet, pro Zentner Kartoffel 150 l Reibsel, für die Nachreibe 100 l Die Durchschnittsleistung der Pumpen beträgt also pro Zentner 125 l Reibsel, mithin

   die minutliche Förderung jeder Pumpe $Q = \frac{125 \,.\, 250}{10 \,.\, 60} = 52\ l$

   und der Kraftverbrauch jeder Pumpe $K = \frac{52 \,.\, 5}{75 \,.\, 60} \,.\, 1{,}90 \,.\, 1{,}09 = 0{,}12$

   also der Kraftverbrauch beider Pumpen 0,24
   und mit Antriebsvorgelege . . . . 0,30 „
4. 2 Halbbürsten-Zylinder je d = 0,5 l = 4,00
   $K = \frac{0{,}5^2\,\pi}{4} \,.\, 0{,}48 \,.\, 4 \times 2$ . . . . 0,76 „
5. 1 Nachreibe d = 0,36 l = 0,20
   $K = \frac{0{,}36^2\,\pi}{4} \,.\, 0{,}2 \,.\, 75$ . . . . 1,50 „
6. 4 Kipp-Quirlbottiche á 2,20 m
   $K = 4 \,.\, \frac{2{,}2^2\,\pi}{4} \,.\, 0{,}1$ . . . . 1,42 „
7. Pülpestation K = 0,08 . L = 0,08 . 25. . . . . 2,00 „
8. Schlammstation $K = \frac{d^2\,\pi}{4} \,.\, q \,.\, x$ . . . .
   d = 1,4 q = 1,5 qm x = 1,5
   $K = \frac{1{,}2^2\,\pi}{4} \,.\, 1{,}5 \,.\, 1{,}3$ . . . . 2,18 „
9. Wasserpumpe für eine minutliche Leistung von 250 l
   Förderhöhe 25 m $K = \frac{25 \,.\, 25}{75 \,.\, 6} \,.\, 1{,}5 \,.\, 1$ . . . . 2,08 „

   Summa 14,38 PS.
10. Zuschlag für Transmissionsverluste rund . . . . 0,92 „

   Gesamt-Kraftverbrauch 15,30 PS.

Als Betriebskraft für Kartoffel-Stärkefabriken dienen im allgemeinen Dampfanlagen. Mit Rücksicht auf eventuelle spätere Vergrößerungen der Fabriken

oder Einschaltung neuer Apparate wird man gut tun, die Dampfanlage von vornherein reichlich groß zu bemessen.

Rechnet man den Dampfverbrauch, je nach der Größe der Maschine, pro Pferdekraft und Stunde 16—20 kg Dampf, so erhält man das stündlich erforderliche Dampfquantum.

Die Größe des Dampfkessels hängt nun nicht allein von der Dampfbildung ab, sondern auch von den zur Verwendung gelangenden Brennmaterialien. Bei Neubauten kommen nur Flammrohr- oder Feuerrohrkessel in Betracht; letztere auch nur bei reinem weichem Wasser und leichtem Brennmaterial.

Aus der nachstehenden Tabelle kann die Dampfkesselgröße leicht ermittelt werden.

Bauart des Kessels	Zulässig stündliche Dampfbildung in Kilogramm auf 1 qm Heizfläche — Feuerung von: Steinkohlen kg	Braunkohlen kg	Torf Holz kg	Sägemehl kg
Kornwall-Kessel	18	14	12	10
Feuer-Rohrkessel	14	12	9	8

Ganz besonders ist auf eine gute Vorwärmung des Speisewassers zu achten, da dadurch erhebliche Ersparnisse an Brennmaterial stattfinden. Auch die Dampfleitungen vom Kessel zur Maschine müssen durch Wärmeschutzmasse isoliert werden.

Lokomobilen finden, namentlich in kleineren landwirtschaftlichen Stärkefabriken, vielfach Anwendung, es ist bei Beschaffung einer derartigen Betriebskraft aber auch darauf zu achten, daß die Maschine nicht zu knapp gewählt wird und würde Maschinen mit ausziehbarem Kessel immer der Vorzug zu geben sein.

In der nachstehenden Tabelle ist der annähernde gesamte Kraftbedarf maschineller Stärkefabrikeinrichtungen aufgeführt:

Kraftbedarf der kompletten maschinellen Einrichtungen in PSi.	Kartoffelverarbeitung in Zentnern in 12 Stunden: 100	200	300	500	750	1000	2000	3000
A. Naßstärkefabriken . .	10/12	15/18	20/24	32/36	45/48	60/65	100/110	150/160
B. Trockenstärkefabriken .	—	25/28	30/40	50/55	70/80	90/100	150/160	225/240

Zu bemerken ist noch, daß in der vorstehenden Tabelle der größte Kraftbedarf angegeben ist, der für die entsprechende Verarbeitung bei modern gebauten Einrichtungen entstehen dürfte. Da nicht alle Maschinen gemeinsam arbeiten, so ist der durchschnittliche tägliche Kraftverbrauch geringer.

Literatur.

Bei der Bearbeitung des „Lehrbuches der Stärkefabrikation“ sind folgende Werke und Zeitschriften benutzt worden:

G. Bauer, Gärungstechnische Untersuchungsmethoden. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1891.

C. J. Lintner, Handbuch der Landw. Gewerbe. Berlin, Paul Parey, 1893.

P. Lindner, Mikroskopische Betriebskontrolle. 4. Auflage. Berlin, Paul Parey, 1905.

M. Maercker-Delbrück, Handbuch der Spiritusfabrikation. VIII. Auflage. Berlin, Paul Parey, 1903.

Post, Chemisch-technische Analyse. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1907.

O. Saare, Fabrikation der Kartoffelstärke. Berlin, Julius Springer, 1897.

F. Stohmann, Stärkefabrikation. Berlin, Paul Parey, 1878.

W. Windisch, Das chemische Laboratorium des Brauers. 6. Auflage. Berlin, Paul Parey, 1906.

Jahrbuch des Vereins der Spiritusfabrikanten in Deutschland, Jahrg. 1901—1907.

Uhland, Mitteilungen für die gesamte Stärkeindustrie 1890.

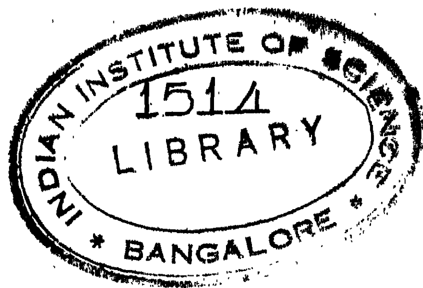
Chemiker-Zeitung 1907.

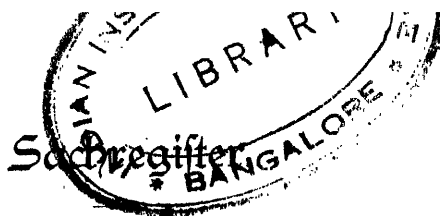
Zeitschrift für angewandte Chemie 1898 u. 1900.

Zeitschrift für öffentliche Chemie 1905.

Zeitschrift für Spiritusindustrie 1883—1907.

Zeitschrift für Unters. der Nahrungs- usw. Mittel 1903 u. 1904.





Sachregister.

Änderungen während des Druckes.

Bei „Die Bestimmung des Gesamt-Stickstoffgehaltes der Rohfrucht“ auf S. 86 ist in Anmerkung zu setzen: [1]) W. Windisch, Das chem. Labor. d. Brauers. 6. Auflage. Berlin, Paul Parey, 1906.

Bei „Das Rohmaterial, die Kartoffel“ auf S. 160 ist in Anmerkung zu setzen: [1]) Maercker-Delbrück, Handbuch der Spiritusfabriktion. VIII. Auflage. Berlin, Paul Parey, 1903.

Druckfehlerberichtigung.

Es ist zu lesen auf:

Seite 3.	5.	Reihe	von	unten	statt	1902: 1905.
„ 8.	9.	„	„	oben	„	Tarierwage: Tarierwage.
„ 12.	8.	„	„	„	„	der Prozentgehalt: den Prozentgehalt.
„ 16.	20.	„	„	„	„	5,572: 5,752.
„ 31.	20.	„	„	unten	„	Schübler: Scheibler.
„ 44.	3.	„	„	„	„	17: 18.
„ 45.	16.	„	„	oben	„	18: 19.
„ 45.	20.	„	„	unten	„	20: 21.
„ 45.	8.	„	„	„	„	19: 20.
„ 86.	20.	„	„	„	„	besten: letzten.
„ 87.	10.	„	„	oben	„	unten: S. 90.
„ 88.	18	„	„	„	„	unten: S. 90.
„ 98.	20.	„	„	„	„	Filteer: Filter.
„ 113.	4.	„	„	unten	„	bis: bei.
„ 126.	4.	„	„	oben	„	im Anhang: S. 150.
„ 126.	11.	„	„	„	„	unten: S. 150.
„ 127.	16.	„	„	„	„	unten: S. 153.
„ 128.	9.	„	„	„	„	unten: S. 150.
„ 128.	21.	„	„	„	„	unten: S. 150.
„ 136.	17.	„	„	„	„	unten: S. 153.
„ 160.	10.	„	„	unten	„	Paril: Paris.
„ 185.	3.	„	„	„	„	Kartoffelsiebe: Kartoffelreibe.
„ 250.	3.	„	„	„	„	gewaschen: gemahlen.
„ 299.	4.	„	„	oben	„	Nordingen: Uerdingen.
„ 299.	13.	„	„	unten	„	mann: dann.
„ 301.	6.	„	„	„	„	Stundenleistung: Stundenleistung in Ztr.
„ 303.	2.	„	„	oben	„	1,50: 1,25.
„ 303.	3.	„	„	„	„	1,25: 0,90.
„ 303.	4.	„	„	„	„	0,95: 0,60.
„ 303.	5.	„	„	„	„	0,60: 0,40.
„ 303.	6.	„	„	„	„	0,48: 0,30.
„ 303.	7.	„	„	„	„	0,40: 0,20.
„ 303.	8.	„	„	„	„	0,36: 0,10.
„ 304.	2.	„	„	„	„	20: 30.

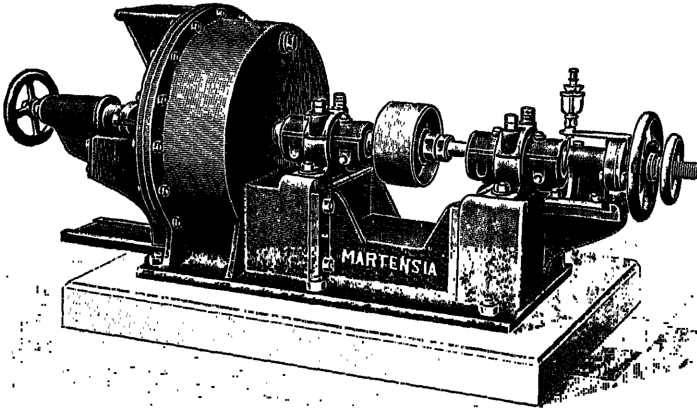
Druck von Hermann Beyer & Söhne (Beyer & Mann) in Langensalza.

Anzeigen.



J. Martens, Frankfurt/Oder

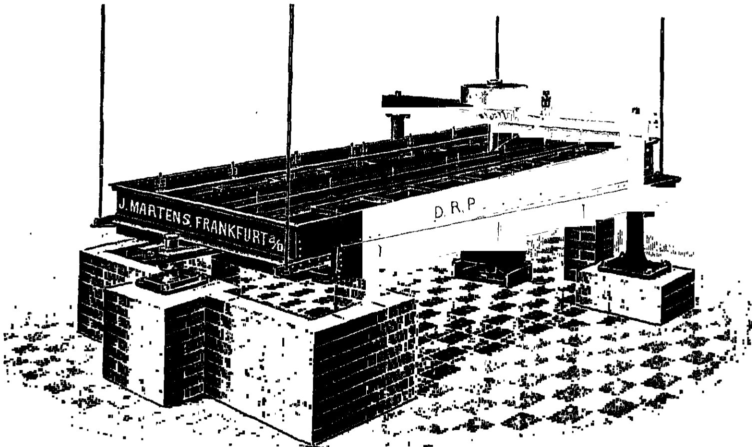
Vollständige Einrichtungen für Kartoffel-Stärkefabriken. (10)



D. R. Patent Martensia, Ung. R. Patent.

Neueste Nachzerkleinerung mit immerscharfen Mahlflächen.

Feinster Brei. · Einfachste Verstellung. · Geringster Kraftbedarf.

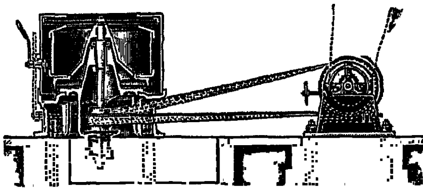


Dauernd geräuschlos arbeitende Schüttelsiebe D. R. P.

als Auswasch-, Fein- und Schlammsiebe mit 2,5, 5 u. 8 □-Meter Siebfläche.

Camin & Neumann · Maschinenfabrik u. Eisengiesserei

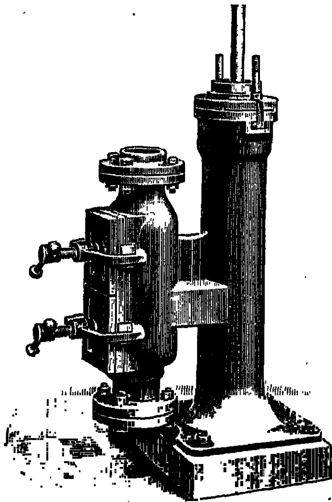
Frankfurt a. Oder





Spezialwerk
für
komplette Einrichtungen
von

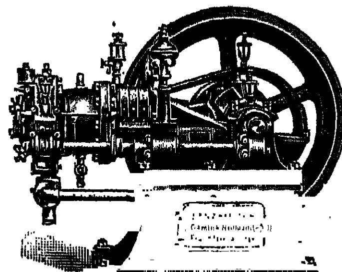
Stärke-Fabriken, » »
Stärke-Syrupfabriken,
Stärke-Zuckerfabriken,
Dextrin-Fabriken, » »
Brennereien. » » » »



Umbau derartiger Anlagen,
sowie Lieferungen einzelner
Maschinen und Apparate.



(12)



Benz-Motoren

für Motoren-Spiritus, Benzin, » »
Benzol, Ergin, Leuchtgas, Sauggas.